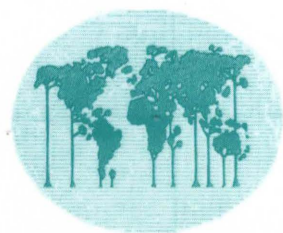


ITTO  
Serie Técnica 3

# Manual de Protección de Maderas en Clima Tropical



Organización Internacional  
de las Maderas Tropicales  
International Tropical  
Timber Organization  
Organisation Internationale  
des Bois Tropicaux



Centre Technique  
Forestier Tropical  
Departamento de CIRAD

# Manual de Protección de Maderas en Clima Tropical

*por*

**G. DÉON**

Ingeniero Agrónomo I.N.A.

Jefe de la División de Protección de Maderas  
en el Centre Technique Forestier Tropical

Traducción por Angeles NAVARRETE  
Ingeniero de Montes

Jefe del Grupo de Protección de Maderas  
del  
Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias

**Organización Internacional  
de las Maderas Tropicales**

Sangyo Boeki Center Bldg.  
2 Yamashita - Cho, Naka-Ku  
YOKOHAMA, 231

Japón

Tel. : 045 671 7045

Telex : 3822480 ITTO J

Telecopia : 045 671 7007

**Centre Technique Forestier Tropical  
Departamento de CIRAD**

45 bis, avenue de la Belle Gabrielle  
94736 NOGENT-SUR-MARNE CEDEX  
Francia

Tel. : (1) 43 94 43 00

Telex : CETEFO 264 653 F

Telecopia : (1) 43 94 43 29



# Manual de Protección de Maderas en Clima Tropical

G. DÉON

## INDICE

INTRODUCCION .....	7
CAPITULO I. — PROTECCION DE LA MADERA EN ROLLO .....	9
1. Ataques de insectos y hongos .....	9
1.1. Ataques de insectos .....	9
1.1.1. Descripción de los ataques y de los daños causados .....	9
1.1.2. Factores que favorecen los ataques de Platipódidos y Escolítidos .....	12
1.1.2.1. Influencia de la estación .....	13
1.1.2.2. Influencia del descortezado .....	13
1.1.2.3. Influencia de la edad de la explotación .....	13
1.1.2.4. Influencia del flotado .....	13
1.2. Ataques de hongos .....	13
1.2.1. Hongos cromógenos .....	13
1.2.2. Hongos de pudrición de la madera verde .....	14
1.3. Conclusión .....	14
1.4. Resumen .....	15
2. Principios generales y normas de tratamiento para la protección de la madera en rollo .....	16
2.1. Medidas de higiene general de los tajos y de evacuación rápida .....	16
2.1.1. Saca inmediata posible .....	16
2.1.2. Saca inmediata imposible .....	17
2.2. Protección química .....	17
2.2.1. Qué es un buen producto protector de los rollos ? .....	17
2.2.2. Cómo aplicar un producto de protección a los rollos ? .....	18
2.2.3. Cuándo tratar los rollos ? .....	19
2.3. Conclusión .....	20
2.4. Resumen .....	21
CAPITULO II. — PROTECCION TEMPORAL DE LA MADERA ASERRADA VERDE Y DE LAS CHAPAS DE DESENROLLO .....	23
1. Ataques de insectos y hongos .....	23
1.1. Ataques de insectos .....	23
1.2. Ataques de hongos .....	23
2. Tratamiento de la madera aserrada verde y de las chapas de desenrollo .....	23
2.1. Tratamiento de la madera aserrada verde .....	23
2.1.1. Secado .....	24
2.1.1.1. Secado artificial .....	24
2.1.1.2. Secado natural .....	26
2.1.2. Tratamiento químico de la madera aserrada verde .....	26
2.1.2.1. Propiedades que debe tener un producto protector de madera aserrada verde .....	26
2.1.2.2. Métodos de aplicación de los productos .....	26
2.1.3. Límites actuales de las posibilidades de tratar eficazmente la madera aserrada .....	27
2.2. Tratamiento de las chapas de desenrollo .....	27
2.2.1. Propiedades que debe tener un producto para la protección temporal de las chapas de desenrollo .....	28
2.2.2. Qué método de tratamiento utilizar ? .....	29
2.2.3. Estado actual de la protección de las chapas de desenrollo .....	29
2.3. Conclusión .....	30
2.4. Resumen .....	31



CAPITULO III. — PROTECCION DE LAS MADERAS ANTES DE SU PUESTA EN OBRA .....	33
1. Agentes destructores de la madera puesta en obra .....	34
1.1. Hongos .....	34
1.2. Termitas .....	36
1.3. Otros insectos de madera seca .....	37
1.4. Perforadores marinos .....	38
1.5. Conclusión .....	40
1.6. Resumen .....	40
2. Durabilidad natural de la madera .....	40
2.1. Madera puesta en obra en contacto con el suelo y expuesta a la intemperie .....	41
2.2. Madera puesta en obra, aislada del suelo pero expuesta a la intemperie .....	42
2.3. Madera puesta en obra bajo cubierta pero en contacto permanente con una fuente de humedad .....	43
2.4. Madera puesta en obra, aislada del suelo y protegida de todo riesgo de rehumidificación .....	43
2.5. Madera sumergida en agua dulce .....	43
2.6. Madera sumergida en agua salada o salobre .....	43
2.7. Resumen .....	43
3. Protección de la madera antes de su puesta en obra .....	44
3.1. Productos protectores de la madera puesta en obra .....	46
3.1.1. Propiedades que debe tener un producto protector de madera .....	46
3.1.2. Diferentes tipos de protectores .....	54
3.1.2.1. Protectores orgánicos naturales .....	54
3.1.2.2. Protectores de síntesis en disolvente orgánico .....	54
3.1.2.3. Protectores de síntesis hidrodispersables .....	55
3.1.2.4. Protectores en forma de sales .....	55
3.1.3. Conclusión .....	56
3.1.4. Resumen .....	56
3.2. Métodos de tratamiento .....	57
3.2.1. Tratamientos en los que interviene el vacío y la presión .....	58
3.2.1.1. Sistema de célula llena .....	59
3.2.1.2. Sistema Rüping .....	59
3.2.1.3. Sistema Lowry .....	63
3.2.1.4. Sistema de doble vacío .....	64
3.2.2. Tratamientos por inmersión .....	64
3.2.2.1. Inmersión en solución orgánica .....	65
3.2.2.2. Inmersión en solución acuosa .....	66
3.2.3. Tratamiento por aspersión y pincelado .....	69
3.2.3.1. Aspersión en túnel .....	69
3.2.3.2. Pincelado .....	69
3.2.4. Tratamientos por desplazamiento de savia .....	69
3.2.4.1. Principio y generalidades .....	69
3.2.4.2. Procedimiento « Boucherie » .....	70
3.2.4.3. Tratamiento por inmersión fría de estacas y piquetes en savia .....	73
3.3. Conclusión .....	74
3.4. Resumen .....	74
4. Impregnabilidad de la madera .....	76
5. Protección de la madera de construcción .....	76
5.1. Riesgo de ataque por hongos .....	76
5.2. Riesgo de ataque por insectos .....	78
5.3. Métodos preventivos de protección de la madera de construcción .....	78
5.3.1. Medidas constructivas .....	78
5.3.2. Medidas de protección de las maderas .....	79
5.4. Resumen .....	83

6. Protección de la madera escuadrada puesta en obra en contacto con el suelo .....	83
7. Protección de los rollizos .....	89
7.1. Protección de postes .....	89
7.1.1. Agentes destructores de los postes .....	90
7.1.2. Cómo prever el suministro de postes en los países tropicales ? .....	90
7.1.3. Cómo prever el tratamiento químico de los postes ? .....	91
7.1.3.1. Sistema de impregnación por desplazamiento de savia .....	91
7.1.3.2. Impregnación a presión en autoclave (Bethell) .....	93
7.1.4. Conclusión .....	95
7.1.5. Resumen .....	95
7.2. Protección de piquetes, estacas y otros rollizos de pequeñas dimensiones .....	96
7.2.1. Tratamiento por impregnación a presión .....	97
7.2.2. Tratamiento por desplazamiento de savia .....	97
7.2.3. Tratamiento por sustitución de savia (o inmersión prolongada en soluciones de sales) .....	99
7.2.4. Tratamiento en autoclave rústica .....	100
7.2.4.1. Descripción de la instalación .....	100
7.2.4.2. Conducción del tratamiento .....	101
7.2.4.3. Resultados obtenidos .....	102
7.2.5. Conclusión .....	103
7.2.6. Resumen .....	103
8. Protección de los tableros contrachapados .....	103
8.1. Utilizaciones en las cuales el tablero está protegido contra todo riesgo de humidificación .....	104
8.2. Utilizaciones para las cuales el tablero está sometido a rehumidificaciones accidentales y de corta duración .....	104
8.3. Utilizaciones para las cuales el tablero está sometido a ciertas rehumidificaciones periódicas inevitables ..	105
8.4. Conclusión .....	106
8.5. Resumen .....	106
9. Protección de las maderas en medio marino .....	106
9.1. Protección de construcciones fijas .....	107
9.2. Protección de cascos de barcos .....	107
9.3. Resumen .....	108
CONCLUSION .....	109
BIBLIOGRAFIA .....	111
INDICE DE LAS MADERAS CITADAS .....	115



## INTRODUCCION

Esta obra está dirigida a todos aquellos que quieren utilizar el material madera, todavía demasiado desconocido, y que deseen ponerlo en obra en las condiciones técnica y económicamente mejores.

En esta nueva edición, el plan general no ha cambiado respecto de la edición de 1978. Así, los diferentes aspectos de la protección de maderas se han abordado con una secuencia lógica, es decir, « siguiendo » la madera desde su apeo en el bosque, o en las plantaciones, hasta su utilización final, pasando por los diferentes estadios de su transformación (aserrado y desenrollo principalmente).

En efecto, como dice la Asociación Francesa de Protección de Maderas \* :

*« Una persona poco preparada podría pensar que los problemas de conservación y protección de la madera no se plantean hasta el momento de su puesta en obra, lo que hace presuponer que la madera llega a ese momento sin tropiezos ni riesgos.*

*Exacto, es en ese punto donde se deben plantear nuestras principales preocupaciones, puesto que es el momento en que se deben tomar las medidas de protección que aseguren tiempos de vida útil calculados en decenas de años. Pero además, hace falta que el industrial, el artesano e incluso el aficionado a las manualidades en madera, tengan entre sus manos un material sano sin haber sido dañado o contaminado a través de las peripecias que debe sufrir a lo largo del camino que le conduce desde el árbol a la máquina o al establecimiento.*

*A partir del momento en que el árbol es apeado, las alteraciones específicas de la madera verde amenazan a ciertas especies (pasma, azulado, picaduras negras...) y pueden alcanzar una gran extensión en los rollos y en los despieces mientras que la madera mantenga una humedad que la haga vulnerable.*

*Vemos por tanto, que para ciertas maderas, hay que preocuparse de tomar medidas adecuadas, tales como la elección de la época de corta, la rapidez de la saca, las condiciones de almacenamiento, la protección química, la rapidez del despiece, el secado, etc. desde el primer momento. Se trata de un conjunto de medidas combinadas y sucesivas que constituyen una cadena a lo largo de la cual cada uno, como en una carrera de relevos, debe a la vez hacer el mejor recorrido y pasar bien el testigo.*

*Por tanto, cada uno tiene un papel específico que cumplir, con perfecto conocimiento y absoluta responsabilidad, desde el encargado de la explotación hasta el aserrador, del aserrador al carpintero o ebanista, del diseñador al arquitecto, del comerciante al empresario y hasta el usuario último, cuyo papel a nivel de las operaciones de **mantenimiento** no debe jamás subestimarse.*

*Quien dice cadena dice conexión y está claro que, únicamente estando bien informado de lo que se hace más arriba de la cadena y a continuación de uno mismo, cada uno podrá comprender la parte que le incumbe y así poder cubrirla correctamente. »*

En relación con la edición de 1978, se han realizado algunos añadidos. En particular :

- la lista de las especies citadas cubre ahora Africa, América del Sur y el Sudeste asiático,
- se han mencionado las novedades en cuanto a productos.

---

\* A.F.P.B. « Proteger la madera. Porqué ? Cuándo ? Cómo ? », 1981.

Hemos intentado hacer esta obra, que no pretende ser más que un manual de divulgación, simple, fácil de leer y, en cierta medida, atractiva; hemos, por tanto, excluido voluntariamente los términos técnicos excesivamente áridos y las teorías científicas demasiado avanzadas. Las expresiones típicas, frecuentemente empleadas en el campo de la protección de maderas, se han introducido de la manera más simple posible a lo largo de su desarrollo.

Cada capítulo comprende, generalmente, una parte teórica, es decir, el análisis del problema a estudiar, una parte práctica en la que se exponen los métodos empleados para resolverlo y una breve conclusión. Por último, el lector que desee tener una idea sucinta de cada problema, podrá encontrar, al final de cada capítulo, un resumen.

Esperamos que este manual contribuya al desarrollo de una utilización racional del material madera en los países tropicales. Lo hemos escrito con esta sola intención.

El autor.



## CAPITULO I

### PROTECCION DE LA MADERA EN ROLLO

#### 1. ATAQUES DE INSECTOS Y HONGOS

Un árbol en pie posee un contenido en agua (o humedad natural) elevado. Tras el apeo, y durante un cierto tiempo, contiene todavía mucha agua : se dice que la madera está verde. Esta humedad elevada, al igual que otros factores, cuya descripción es indispensable para la buena comprensión de lo que se dice a continuación, vuelven la madera particularmente vulnerable al ataque de ciertos insectos y hongos.



**Introducción en agua de un rollo de Sapelli en la República Centro-africana** (Foto Le Ray).

#### 1.1. ATAQUES DE INSECTOS

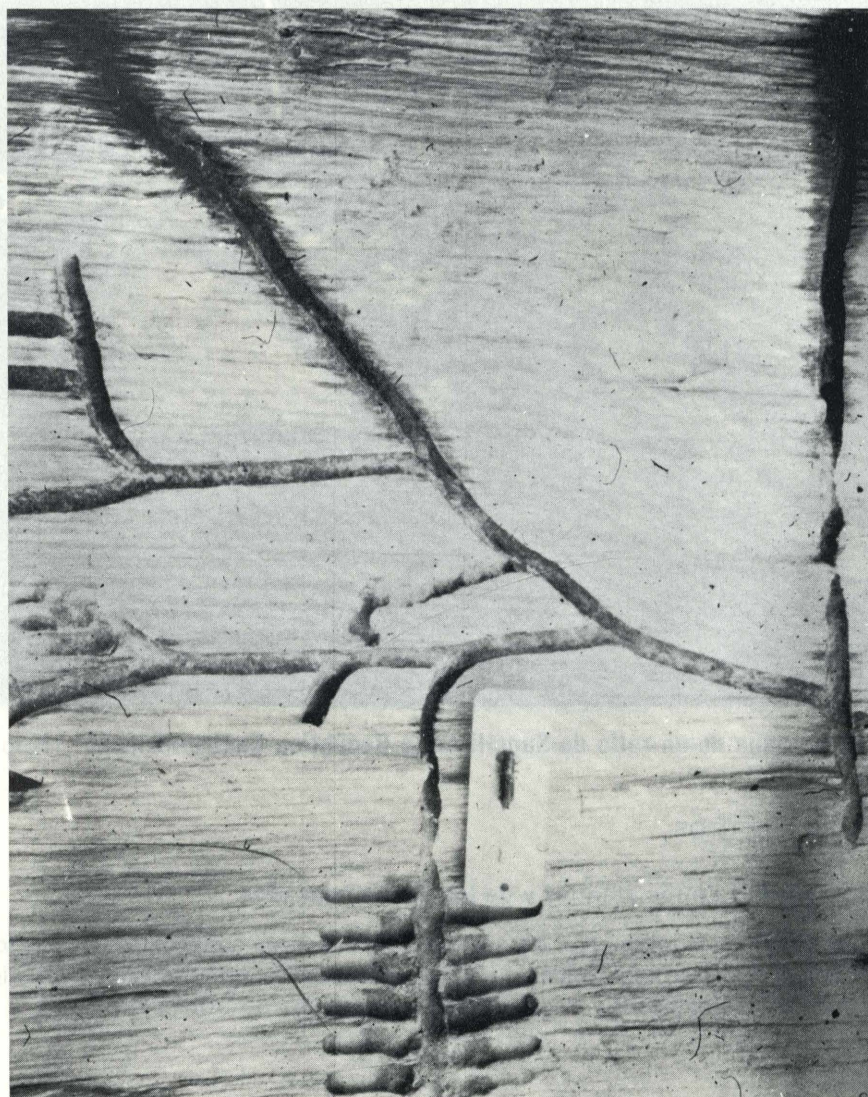
##### 1.1.1. Descripción de los ataques y de los daños causados

Los insectos que atacan a los rollos en el bosque tropical pertenecen a diferentes tipos, pero los más dañinos, aquellos cuyos daños tienen en el plan económico las peores consecuencias, son los Platipódidos y los Escolítidos, que se designan comunmente por el nombre de « insectos de picadura negra » o « barrenillos ».





**Picaduras negras (Platipódidos y Escolítidos). Observar los pequeños montones de serrín, sobre todo en las zonas descortezadas** (Foto Fougerousse).



**Galerías de Platipódidos** (Foto Fougerousse).



Perforan galerías cilíndricas más o menos ramificadas, de 0,5 a 3mm de diámetro, que son a veces muy profundas, hasta el punto de alcanzar el corazón de la troza, y muy numerosas (400 a 500 picaduras por metro cuadrado).

Dichas galerías presentan generalmente una aureola negruzca. En efecto, los Platipódidos y los Escolítidos no se alimentan de la madera propiamente dicha, sino que lo hacen esencialmente de unos hongos específicos que ellos depositan en las paredes de las galerías en las que se desarrollan de una manera característica, dando a las picaduras un aspecto muy particular. Las galerías están siempre limpias de « serrín », pues éste es expulsado al exterior a medida que van perforando. Según las especies de insectos considerados, el serrín se acumula alrededor de cada orificio formando pequeños cilindros compactos o pequeños montoncitos.

Generalmente, los ataques de Platipódidos y de Escolítidos aparecen rápidamente tras el apeo del árbol. Se producen lo mismo a lo largo del tronco que sobre las secciones, siendo particularmente intensos sobre la mitad inferior de la superficie lateral y en los bordes de las zonas en que se ha arrancado o dañado la corteza.

Los daños causados son fundamentalmente de orden estético, particularmente en las maderas destinadas a ciertas utilidades : tableros contrachapados (una picadura puede encontrarse en cada vuelta de la desenrolladora sobre un número importante de chapas), muebles, ebanistería fina y todos aquellos usos en que la madera queda vista y debe ser decorativa.

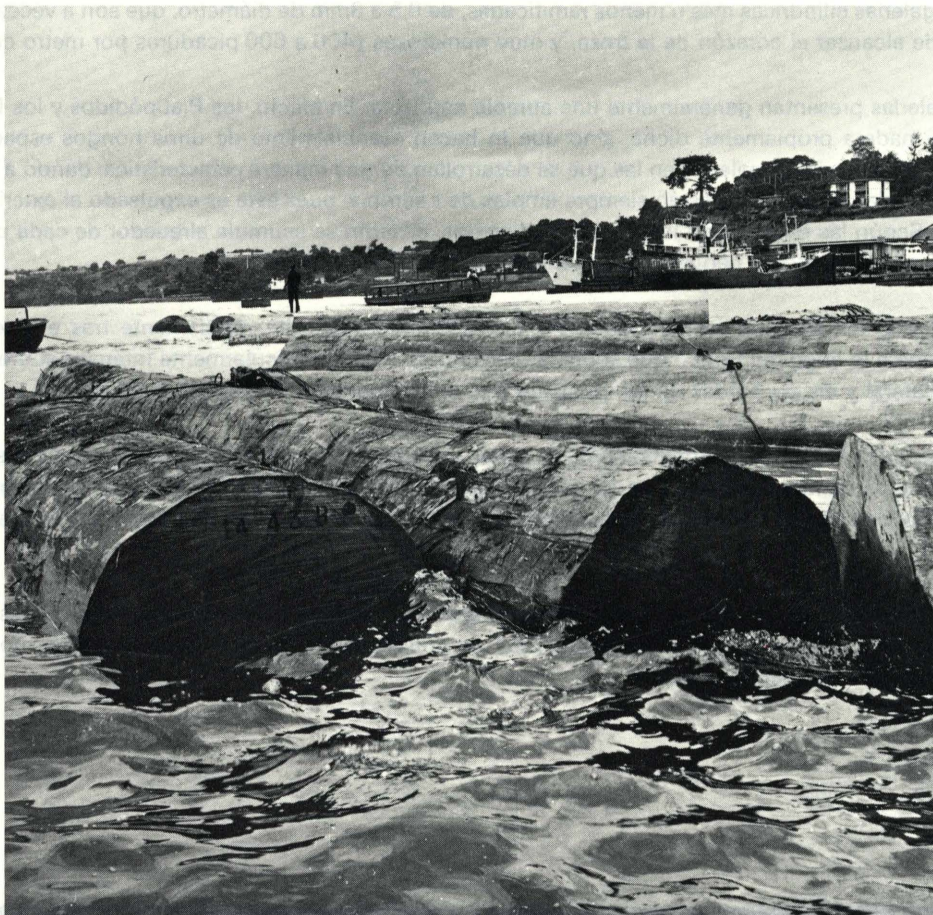
Es evidente que los daños causados no tienen ninguna importancia, por ejemplo sobre trozas destinadas a la fabricación de traviesas de ferrocarril o madera gruesa de construcción, ya que estas picaduras no disminuyen las propiedades mecánicas del material madera.



**Chapas de desenrollo de Obeche gravemente alteradas por Platipódidos (picaduras negras)**

(Foto Fougerousse).





**Las condiciones de transporte, fundamentalmente el flotado de los rollos, exigen de los productos empleados para su protección, una excelente resistencia frente a los agentes de desgaste físico** (Foto Fougerousse).

**Observación :** Los Platipódidos y los Escolítidos no son los únicos insectos capaces de atacar a los rollos en el monte. Se pueden encontrar otros insectos en los troncos, entre ellos, los principales son los Bostríquidos y los Cerambícidos.

Los Bostríquidos son, en su mayoría, insectos que atacan a la madera seca, pero algunas especies atacan a los rollos en el monte. Estos insectos se alimentan del almidón de la madera y por consiguiente, para la mayoría de las especies los ataques se limitan a la albura, única parte del tronco que contiene almidón. Para otras especies que contienen almidón en toda la madera (Obeche, Limba, Ilomba, Fuma, Onzabili...) los ataques pueden extenderse a todo el volumen del rollo.

El ataque de los Cerambícidos se produce una vez pasado algún tiempo de permanencia de los rollos en el monte. Los daños son generalmente muy superficiales y no tienen prácticamente ninguna importancia sobre el valor comercial de la madera.

#### **1.1.2. Factores que favorecen los ataques de Platipódidos y de Escolítidos**

Cada especie posee una resistencia más o menos grande respecto de estos insectos, pero ninguna está totalmente protegida contra los ataques de Platipódidos o de Escolítidos. Sin embargo, si los daños causados sobre especies como el Azobé son bastante pequeños, los observados sobre maderas como el Ilomba, Limba, Fuma, Obeche y de manera general sobre las maderas claras, pueden ser muy importantes si no se toman medidas de protección como las que serán descritas posteriormente.

De cualquier forma, para una especie dada, la experiencia ha demostrado que los ataques que deben temerse, en estado verde, dependen de numerosos factores, cuyo conocimiento facilita enormemente la puesta en práctica de algún tipo de protección.



### 1.1.2.1. Influencia de la estación

Todos los responsables de una explotación forestal han observado desde hace mucho tiempo que los troncos recién apeados son atacados mucho más rápida y mucho más intensamente al principio y al final de la estación de lluvias, que en plena estación seca o en plena estación de lluvias.

### 1.1.2.2. Influencia del descortezado

Como regla general, el descortezado aumenta claramente la rapidez y número de los ataques. La corteza, cuando está intacta, constituye en algunas especies una barrera muy difícil de franquear, aportando por consiguiente una protección natural interesante que es conveniente conservar siempre que se pueda. Para que la corteza cumpla, lo mejor posible, su papel protector, es además necesario que no se haya despegado o estropeado a lo largo de las operaciones forestales, en particular durante la saca.

### 1.1.2.3. Influencia de la edad de la explotación

La edad de la explotación parece tener una cierta influencia sobre la rigidez y la intensidad de los ataques. Esto parece lógico, pues en un tajo viejo, las maderas apeadas, los desechos vegetales, las cepas viejas, las ramas viejas, que constituyen focos de infestación, son mucho más numerosas que en un tajo recién iniciado.

### 1.1.2.4. Influencia del flotado

Cuando los troncos son evacuados por flotación, es evidente que la parte que se encuentra dentro del agua está a cubierto de los ataques, pero la parte externa no lo está; por el contrario, parece que esta parte está especialmente sensibilizada a los ataques de insectos, sobre todo en la zona situada justo por encima del nivel del agua, zona que según los movimientos de la balsa, está alternativamente mojada y seca.

## 1.2. ATAQUES DE HONGOS

Aunque menos espectaculares que los ataques de insectos, los de hongos no son menos graves. Los hongos especializados en el ataque de maderas verdes pueden clasificarse en dos categorías, los hongos « cromógenos » de una parte y los hongos « de pudrición » de otra.

### 1.2.1. Hongos cromógenos

Están ligados a la madera verde, la cual es la única en presentar las condiciones de humedad y contenido en materias nutritivas necesarias para su desarrollo. Estos hongos no se alimentan de la madera, sino que simplemente se desarrollan en el interior de ella. Los ataques se limitan a la albura cuando existe diferenciación entre albura y duramen; en las especies en las cuales no se puede hacer esta diferenciación, los ataques pueden producirse en toda la masa de la madera.

La coloración más frecuente es el **azulado**, así llamado porque el hongo que la produce comunica a la madera un color azul más o menos intenso. Pero existen otros tipos de coloraciones: una de las más conocidas es la « **cola de vaca** » que se produce sobre el llomba. Esta madera, cuando está sana es, en estado verde, casi blanca. La coloración llamada « cola de vaca » da a la madera un color castaño violáceo y presenta el doble inconveniente de ser un daño de orden estético y de poder extenderse a un volumen importante del rollo. Esta modificación del color se debe a la acción de varios hongos cromógenos, mientras que el azulado se debe a un solo hongo.

En general, la infección se produce con extremada rapidez sobre las secciones transversales de los rollos y sobre todas las zonas desprovistas de corteza (con frecuencia en las 24 horas siguientes al apeo). La velocidad de penetración de la « cola de vaca » a partir de las testas, se puede evaluar en 2 cm por día y, desgraciadamente, es imposible descubrir el principio de la infección, ya que las esporas de los hongos que la producen son invisibles a simple vista.





**Penetración longitudinal del hongo sobre una troza de llomba sin tratar, después de 15 días de permanencia en el bosque (Foto Déon).**

### 1.2.2. « Hongos de pudrición » de madera verde

Contrariamente a los hongos cromógenos descritos con anterioridad, los hongos de pudrición de maderas verdes, llamados también hongos xilófagos, se alimentan a expensas de los elementos constituyentes de la madera. Aparte del aspecto de la madera, que se encuentra a veces gravemente modificado, se modifican también sus propiedades físicas y mecánicas.

En este caso también, el ataque de estos hongos se inicia inmediatamente después del apeo del árbol. Pero mientras que el desarrollo de los hongos cromógenos cesa definitivamente cuando la madera alcanza un estado de secado suficiente, algunos de los « hongos de pudrición » de madera verde son bastante resistentes a la desecación y son capaces de recuperar una cierta actividad en maderas que, habiéndose secado, se rehumedecen de forma accidental.

### 1.3. CONCLUSION

Los párrafos precedentes han descrito de una forma rápida y simplificada los diferentes tipos de ataques que corren el riesgo de sufrir los troncos después de ser apeados. Es necesario haber visitado algunas explotaciones forestales o recorrido algunos parques de madera para tomar realmente conciencia del problema y convencerse de que, si la explotación forestal de numerosas especies tropicales se efectúa sin aplicar ninguna medida de protección a los troncos, se producirán depreciaciones graves de la madera, económica y técnicamente inaceptables.





**Rollo de llomba alterado por hongos, a partir de la testa** (Foto Mariaux).

#### 1.4. RESUMEN

Los rollos, tras el apeo, corren el riesgo de ser atacados, a veces intensamente, por insectos y hongos. Los insectos más importantes son los Platipódidos y los Escolítidos, llamados generalmente «insectos de picaduras negras» o «barrenillos». Los hongos que atacan a los troncos en el bosque pueden clasificarse en dos categorías bien diferenciadas : hongos cromógenos y hongos de pudrición (o xilófagos).

Los ataques, tanto de estos insectos como de estos hongos, son muy rápidos y a veces intensos, ya que pueden iniciarse el día siguiente al apeo y, para algunas especies, propagarse a continuación a una gran parte de la troza. Los daños son generalmente de carácter estético (galerías de insectos, coloraciones de la madera más o menos pronunciadas...), pero pueden ser todavía más graves si entran en juego los hongos de pudrición de la madera.

Las diferentes especies poseen, respecto de los insectos y hongos que atacan a la madera verde, una resistencia variable. Por regla general, la albura es más sensible a los ataques que el duramen. Para ciertas especies en las que no existe distinción entre albura y corazón (por ejemplo : llomba, Limba, Obeche, Ramin, Virola...) toda la masa de la madera presenta la misma sensibilidad a los ataques.

En términos generales, los ataques se ven favorecidos por ciertas condiciones :

- los cambios de estación se presentan más favorables,
- la corteza arrancada, levantada o dañada en el curso de las operaciones forestales abren vías de penetración a los hongos y a los insectos,
- un tajo viejo está más contaminado que un tajo recién abierto y los riesgos de ataque son mayores,
- el flotado aumenta la sensibilidad a las picaduras de insectos.



**Observación :** No hemos considerado, hasta el presente, nada más que los ataques debidos a hongos e insectos. No hay que pasar por alto las alteraciones debidas a causas físicas. Estas alteraciones son de dos tipos que con frecuencia tienden a confundirse : las grietas y las fendas.

□ Las **grietas** o fendas de desecación, se deben al hecho de que la humedad de las diferentes partes del rollo no evoluciona a la misma velocidad, las capas superficiales secan más rápidamente que las capas profundas. Estos agrietamientos no son graves en la medida en que no afectan nada más que a la parte superficial de las secciones, no cambian las propiedades físicas y mecánicas de la madera y no producen ninguna pérdida apreciable en el despiece. Por el contrario, pueden constituir vías de penetración de las esporas y favorecer el desarrollo de los hongos. Existen productos que aplicados sobre las secciones de los rollos \*, retardan la formación de grietas.

□ Las **fendas** resultan de tensiones internas, llamadas tensiones de crecimiento, equilibradas en el árbol en pie y brutalmente liberadas al cortarlo o trocearlo. Las fendas pueden ser muy graves y, en el momento actual, el encargado de una explotación forestal no dispone, prácticamente, de ningún medio para impedir su formación, únicamente cuenta con algunos medios reducidos (ganchos dobles) para limitar su extensión.

## 2. PRINCIPIOS GENERALES Y NORMAS DE TRATAMIENTO PARA LA PROTECCION DE LA MADERA EN ROLLO

Cuando se aborda el problema de la protección de la madera en rollo, hay que tener siempre presente el porqué y el cómo de las cosas, es decir, pensar en lo que se hace y saber porqué se opera de una u otra forma. No hace falta, en absoluto, fijarse un plan de trabajo bien determinado, válido para todas las explotaciones, válido para todos los medios de saca, para todas las especies...Es únicamente necesario conocer una cosa esencial :

**El responsable de una explotación forestal puede luchar eficazmente contra los ataques de insectos y hongos tomando ciertas medidas preventivas : higiene general de los tajos y de los parques de almacenamiento, evacuación rápida de los rollos del medio muy infectado que constituye el bosque tropical y tratamiento químico de los troncos.**

### 2.1. MEDIDAS DE HIGIENE GENERAL DE LOS TAJOS Y DE EVACUACION RAPIDA

Hemos visto que el medio en el que permanecen los rollos es un factor importante para la gravedad de los ataques de insectos y hongos y hay que actuar de forma que disminuyan, lo máximo posible, los riesgos de ataque. Tomemos, por ejemplo, un árbol que se acaba de apear. Se pueden presentar dos casos : que pueda realizarse una saca inmediata, o bien que las condiciones de la explotación no lo permitan.

#### 2.1.1. Saca inmediata posible

En este caso, el troceado del árbol sigue inmediatamente, o casi inmediatamente, al apeo. Los rollos deben evacuarse en el día, y llevarse a un medio menos favorable para su ataque, es decir, a un parque libre de vegetación y correctamente mantenido (un parque está bien mantenido cuando el suelo está limpio, libre de desechos de corteza, de maderas y de toda vegetación herbácea, y cuando no retiene el agua de lluvia, como ocurre desgraciadamente con mucha frecuencia). El responsable de la explotación debe eliminar de ese parque, lo más rápidamente posible, todas las trozas abandonadas, trozas que no serán jamás utilizadas y que serán focos de contaminación ; debe igualmente asegurar una buena rotación para la evacuación de los rollos hacia su destino final (serrería, puerto...), de manera que los rollos permanezcan el menor tiempo posible en el parque de almacenamiento.

\* Después del tratamiento insecticida y fungicida en el caso de especies que deban recibir un tratamiento de este tipo.





**Ciertas condiciones de almacenamiento de los troncos son inapropiadas para la buena conservación y hacen muy difícil la aplicación del tratamiento de recuerdo** (Foto Fougerousse).

### 2.1.2. Saca inmediata imposible

Puede interesar, en este caso, mantener los troncos apeados sin trocear (con la condición de que la corteza no esté magullada), con el fin de reducir las vías de contaminación a las dos testas, no procediéndose al troceado hasta que no se disponga de los medios de saca necesarios para la evacuación inmediata de las trozas hacia el parque de almacenamiento.

## 2.2. PROTECCION QUIMICA

Las precauciones higiénicas y las medidas de evacuación rápida de las trozas tienen por finalidad disminuir lo más posible los riesgos de ataque por insectos y hongos. Pero la práctica demuestra que, para las especies frágiles, estas medidas no son generalmente suficientes para alejar todo peligro ; es entonces necesario acudir a la protección química de los rollos, es decir, a un tratamiento con un **producto eficaz a la vez contra los insectos y contra los hongos**.

### 2.2.1. Qué es un buen producto protector de los rollos ?

Un buen producto protector de los rollos debe tener las dos propiedades siguientes, que son primordiales :

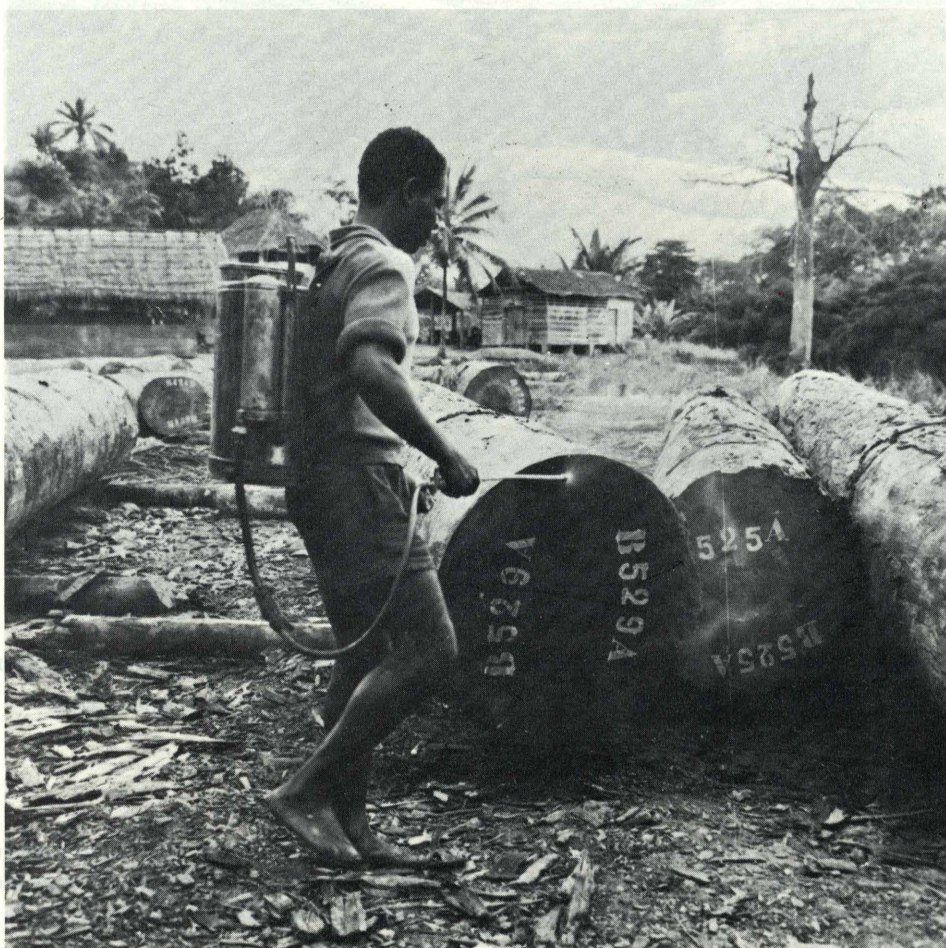
- ser activo, es decir, tener una toxicidad suficiente contra los insectos y contra los hongos ; por consiguiente, ser a la vez insecticida y fungicida. De que serviría, en efecto, conseguir que las trozas estén totalmente libres de picaduras si están totalmente invadidas por hongos, o a la inversa ?



- resistir lo mejor posible al deslavado ocasionado por la lluvia y a la evaporación bajo la acción del calor. De que serviría, en efecto, un producto incluso muy activo, si es eliminado por la primera lluvia o por el primer rayo de sol? Un producto de buena calidad debe, por consiguiente, poder « **aferrarse** » a la madera.

### 2.2.2. Cómo aplicar un producto de protección a los rollos?

Generalmente, los productos de protección de los rollos llegan a los países tropicales en forma de concentrado, y es necesario diluirlos en el momento de su empleo, **respetando las recomendaciones del fabricante que deberían estar de acuerdo con las suministradas por los organismos oficiales competentes.**



**Tratamiento de trozas por pulverización** (Foto Le Ray).

Los fabricantes precisan en sus fichas técnicas **el diluyente a utilizar** (agua o disolvente orgánico como el gasoil) **y las proporciones** a las que debe hacerse la dilución. Estas proporciones se han calculado en base a obtener la mejor relación eficacia-precio (la mejor eficacia posible al menor precio). Sin embargo, en la mayoría de los casos, las diluciones practicadas sobrepasan considerablemente las aconsejables tanto por el fabricante como por los organismos oficiales competentes, y esta economía, mal situada, alcanza a veces la insensatez. Qué ocurre en definitiva? El responsable de la explotación habrá gastado una cierta cantidad de dinero para « tratar » sus rollos. Sin embargo, el producto demasiado diluído ha perdido gran parte de su eficacia y los rollos se encontrarán casi tan atacados como los que no han sido tratados, produciéndose una doble pérdida de dinero. Conclusión, queriendo hacer pequeñas economías, el explotador forestal ha obtenido el resultado contrario al deseado.

Examinemos ahora la técnica del tratamiento de los rollos.

Un buen tratamiento consiste en aplicar sobre **toda la superficie de la troza**, es decir, sobre toda la superficie lateral y sobre las dos testas, un producto eficaz en cantidad suficiente. Es fundamental no dejar ninguna zona de madera



sin tratar, ya que permitiría entrar libremente a los hongos y a los insectos y extenderse en toda la masa de la madera. Un tratamiento mal hecho es peor que la ausencia de tratamiento, ya que da una impresión equivocada de seguridad y ocasiona un gasto inútil. Una madera mal tratada está igualmente expuesta a los ataques que una madera sin tratar.

Es evidente que no es fácil tratar toda la superficie de los rollos, especialmente la zona de contacto de la troza con el suelo. Es conveniente, por consiguiente, hacer girar la troza sobre sí misma para tratar la parte inferior del cilindro. Hay que insistir especialmente en las zonas en que la corteza está arrancada o levantada, zonas que se «refrescarán» previamente con ayuda de un instrumento cortante, hacha o machete, para dar a la herida unos límites limpios. Por último, es evidente que el tratamiento se aplicará sobre rollos limpios, después de eliminar todos los restos vegetales y todos los pegotes de tierra o barro que se hubieran adherido a su superficie durante las operaciones forestales.

Examinemos ahora el problema de la aplicación de los productos protectores sobre los rollos. Es cierto que, en teoría, el mejor método consistiría en sumergir completamente las trozas en un baño de producto, de forma que éste pueda empapar las partes superficiales de la madera, deslizarse en las fendas, bajo las partes de corteza levantada... En la práctica, el explotador se sirve de un pulverizador y hay que hacer constar aquí que los diferentes tipos de pulverizadores empleados no han sido concebidos en un principio para esta utilización en concreto. Los criterios para la elección de un pulverizador serán la simplicidad de manejo, la ligereza y la resistencia a la corrosión por los productos protectores; además, el usuario deberá asegurarse de que el aparato permita un tratamiento por «regado» es decir, por «pulverización chorreante» y no por «niebla», como se encuentra todavía con demasiada frecuencia. Se elegirá preferentemente de presión previa que garantice una aplicación más regular del producto de tratamiento. En todos los casos, los pulverizadores deberán ser fácilmente desmontables para que su limpieza diaria sea cómoda: un buen mantenimiento del material es primordial. Por último, el responsable de la explotación deberá procurar disponer siempre de las piezas de recambio necesarias.

### 2.2.3. Cuando tratar los rollos ?

Para que el tratamiento sea eficaz, debe realizarse lo más próximo posible al apeo; hace falta, en efecto, tener siempre presente **que el tratamiento de las trozas es una carrera entre los insectos y los hongos por una parte, y el responsable de la explotación forestal por otra**. Los productos protectores al penetrar muy poco o prácticamente nada en el interior de la madera, no pueden actuar sobre un agente ya instalado que se desarrolla con toda libertad en la masa de la madera que no está protegida. Es, por tanto, urgente establecer una barrera tóxica entre el medio exterior y la madera.

La conclusión inmediata sería que hay que tratar «in situ» en el momento de la caída del árbol. Esto sería desconocer las dificultades de numerosos tajos y correría el riesgo de conducir a un tratamiento muy mal ejecutado. También es, con frecuencia, necesario encontrar, en una buena organización, un compromiso entre la preocupación por la rapidez y la preocupación por la eficacia. El ideal sería poder evacuar los rollos el mismo día y proceder a su tratamiento, bien en el parque de almacenamiento, bien en el lugar de carga de las trozas, bien en el lugar de reunión para su flotación si la saca se va a realizar por este sistema.

Si la evacuación no puede ser inmediata, hay que saber que la amenaza de invasión por los hongos pesa, sobre todo, sobre las testas. Es, por consiguiente, importante tratar al menos las dos testas del rollo el mismo día y abstenerse de trocear el árbol apeado, ya que se correría el riesgo de que los cortes no fueran accesibles al tratamiento, mientras que sí lo serían al ataque de los hongos. Los rollos no serán cortados a la longitud de transporte hasta el momento de la saca. Después de realizarse ésta, podrán recibir un tratamiento correcto. Si por una u otra razón, las secciones transversales de especies sensibles al ataque de los hongos no han sido tratadas el mismo día del apeo, es indispensable cortar una rodaja en cada extremo del rollo para eliminar las partes ya contaminadas y únicamente después, tratar los cortes nuevos, limpios de todo daño.

Por último, hay que conocer que las manipulaciones inevitables que sufrirá una troza después de su tratamiento, la magullarán más o menos, por lo que es muy deseable, sino necesario, proceder a tratamientos de recuerdo que alcancen todas las nuevas heridas donde la película de producto se ha roto. Estos tratamientos de recuerdo deberán aplicarse cada vez que la troza va a permanecer un cierto tiempo en un mismo lugar después de haber sufrido una manipulación.





**Tratamiento de los rollos sobre el remolque** (Foto C.T.F.T.).

### 2.3. CONCLUSION

**La protección de las trozas en clima tropical es ante todo una cuestión de sentido común.** Conociendo los riesgos que corren los rollos de especies sensibles y conociendo las condiciones de explotación propias de su tajo, el responsable de la explotación debe disponer su trabajo de tal forma que la protección de las trozas no sea, como ocurre desgraciadamente con mucha frecuencia, una formalidad secundaria que puede efectuarse no importa cuándo y no importa cómo. Debe comprender que es una operación que debe hacerse tan seriamente como el apeo, la saca y la evacuación final y que es su interés financiero el que está en juego.

Es evidente que, en un principio, el tratamiento de las trozas requiere un cierto gasto, ocasiona un trabajo suplementario y retrasa el funcionamiento del tajo.

Para responder a estos argumentos, hagamos un cálculo muy simple. Tomemos un rollo de 80 cm de diámetro y 8 m de longitud (volumen alrededor de  $4 \text{ m}^3$ ).

Supongamos ahora que a falta de tratamiento, los ataques de hongos e insectos ocasionan unas pérdidas del 30 %, lo que no es raro. Para un precio teórico de 80 dólares el metro cúbico, la pérdida económica se elevaría a 96 dólares por rollo.

Tomemos ahora la misma troza, el director de la explotación forestal la trata correctamente. Teniendo en cuenta la superficie a tratar, para un consumo medio de 0,250 l de producto por metro cuadrado a un precio de 1,5 dólares el litro de solución del protector, el director de la explotación forestal habrá gastado aproximadamente 8 dólares de producto para tratar su troza. Admitamos todavía que los gastos de mano de obra, de mantenimiento, de amortización del material, etc. hagan aumentar el coste hasta 16\$ (hipótesis probablemente excesiva). Admitamos por último, que a pesar del tratamiento, la disminución del valor sea del 10 % (pérdida económica 32\$).



La pérdida neta ahorrada a la producción será de 48\$, a razón de 12\$ por metro cúbico de madera tratada, lo que representa el 15 % del valor comercial de la madera.

Es bueno, por último, recordar que los productos protectores de madera en rollo no son totalmente inócuos y que el personal encargado del tratamiento deberá estar provisto del equipo de protección personal necesario y recibir una vigilancia médica adecuada.

## 2.4. RESUMEN

Las medidas preventivas que el director de una explotación forestal puede tomar para proteger eficazmente los rollos recién apeados, sensibles a los ataques de hongos e insectos, son : una higiene general de los tajos y parques de almacenamiento, una evacuación rápida de los rollos fuera del bosque y un tratamiento químico de las trozas.

**La higiene general de los parques de almacenamiento** exigirá su limpieza frecuente (quemado de los desechos de madera y de corteza, alejamiento de las trozas abandonadas...).

**Evacuación de las trozas lo más rápidamente posible** para reducir al mínimo los riesgos de ataque.

**El tratamiento químico** se efectuará siempre sobre trozas limpias, por aplicación de un **producto eficaz y en cantidad suficiente** ; el tratamiento deberá realizarse **sobre toda la superficie de la troza**, insistiendo particularmente en las zonas en que la corteza ha sido arrancada o despegada en sus extremos. Esta aplicación se realizará mediante un pulverizador estudiado especialmente para este uso, es decir, aquel cuya boquilla permita un tratamiento por pulverización que se aproxime más a un riego que a una nebulización.

**El tratamiento siempre se llevará a cabo al día siguiente del apeo.** Si esto no es posible, será necesario cortar en cada extremo del rollo una rodaja, tanto más gruesa cuanto mayor sea el tiempo que ha transcurrido desde que se ha apeado hasta que se aplica el tratamiento.

Además, los tratamientos por pulverización con productos insecticidas, podrán aplicarse sobre las pilas de rollos, de forma que se cree en el interior de ellas un ambiente nocivo hacia los insectos de picaduras negras. En cualquier caso, un tratamiento insecticida de este tipo no evita el tratamiento químico inicial evocado precedentemente.



## **CAPITULO II**

### **PROTECCION TEMPORAL DE LA MADERA ASERRADA VERDE Y DE LAS CHAPAS DE DESENROLLO**

#### **1. ATAQUES DE INSECTOS Y DE HONGOS**

Hemos visto en el capítulo precedente, que es posible proteger los troncos recién cortados y hacerlos llegar a la fábrica de primera transformación, serrería o taller de desenrollo, en un estado de conservación, sino perfecto (en este tema el éxito al 100% no existe), por lo menos técnica y económicamente aceptables. Hemos visto igualmente que esta protección temporal de las trozas se realizaba mediante la aplicación de un producto que formaba una película protectora, que la protección aportada no era, por tanto, más que superficial y que toda la masa de la madera no estaba tratada.

Cuando una troza es aserrada o desenrollada, la madera que está todavía verde y que no está tratada, queda al descubierto y puede, nuevamente, sufrir ataques de insectos, de hongos y, en la mayoría de los casos, de los dos a la vez.

##### **1.1. ATAQUES DE INSECTOS**

Por parte de los insectos, hay que señalar que, además de los Platipódidos y de los Escolítidos (barrenillos), de los que hemos hablado extensamente en el capítulo precedente y que son capaces de proseguir sus ataques a la madera verde después del despiece (pero cuya amenaza se extingue una vez que la madera se seca), pueden aparecer otras especies en el curso del secado o después del secado. Entre estas especies, las más peligrosas son ciertos Bostríquidos y ciertos Lícidos cuyas larvas pueden proseguir su acción incluso después de la puesta en obra de la madera. Para las especies de madera en las que existe una diferencia clara entre la albura y el duramen, solamente está amenazada por estos ataques la albura. Pero esta amenaza afecta a toda la masa de la madera en aquellas especies en que no existe dicha distinción, es decir, en la mayor parte de las especies de madera muy clara (Ilomba, Obeche, Koto, Fuma, Ramin, Virola, etc.).

##### **1.2. ATAQUES DE HONGOS**

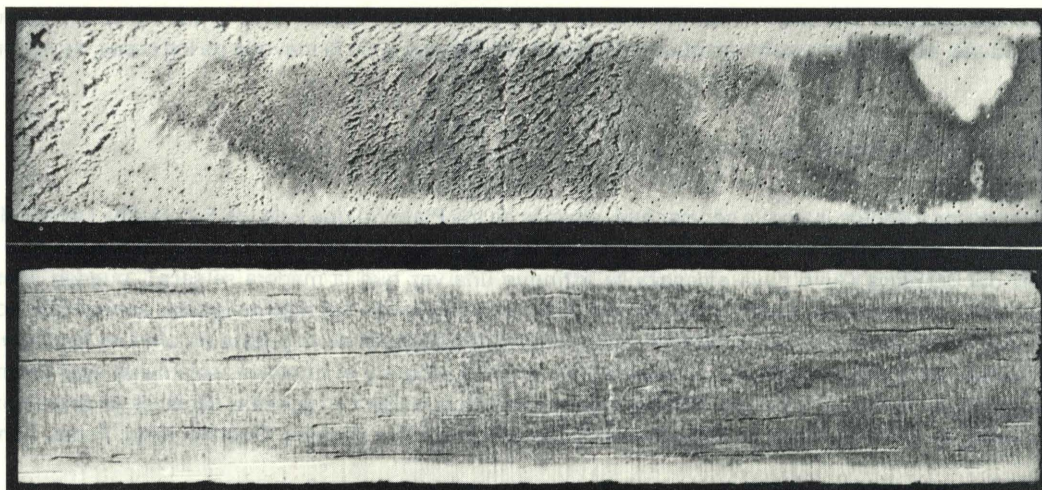
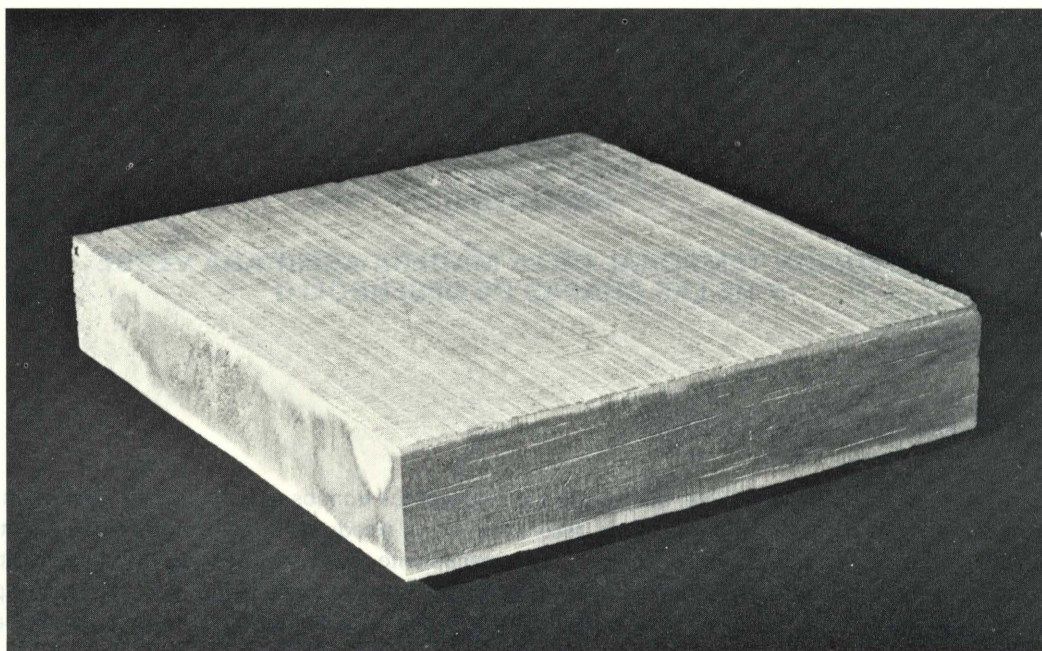
En la madera aserrada verde sacada de la albura, en las especies de duramen diferenciado, o de toda la masa de la madera en las especies sin esta diferenciación, se pueden producir ataques de hongos del mismo tipo que los desarrollados en las trozas, es decir, hongos cromógenos (particularmente el azulado), y hongos de pudrición.

#### **2. TRATAMIENTO DE LA MADERA ASERRADA VERDE Y DE LAS CHAPAS DE DESENROLLO**

##### **2.1. TRATAMIENTO DE LA MADERA ASERRADA VERDE**

Tiene por finalidad proteger la madera aserrada durante el secado. Es un tratamiento de eficacia temporal que, al ser superficial como veremos a continuación, no tendrá ningún valor en cuanto la madera se elabore y se ponga en obra. Este tratamiento, que no afecta más que a una capa superficial muy fina, tampoco impide el desarrollo en profundidad de un ataque de hongos cuyo germen ya está instalado en la madera, dejando limpia únicamente la capa superficial que se beneficia de la acción protectora del producto y de un secado rápido. Este es el origen de las frecuentes « sorpresas » : tablas y tablonés que parecen sanos exteriormente y que, al trabajarlos, se comprueba que están completamente alterados en el interior.





**Tablones de Essessang en los que el azulado prosigue durante el secado. Observar las franjas de madera sin alterar** (Foto J.C. Bollier).

En este aspecto, se debe hacer resaltar un punto fundamental: es absolutamente indispensable que los tratamientos de protección se apliquen sobre madera aserrada exenta de cualquier tipo de ataque, por consiguiente, procedente de trozas sanas y justo a la salida de la sierra.

Es igualmente necesario precisar que cuanto más rápido sea el secado, más rápidamente su grado de humedad se situará por debajo del porcentaje necesario para el desarrollo de los hongos y más rápidamente las maderas estarán a cubierto de los ataques de los hongos. Por este motivo, cuando se carece de medios de secado artificial, es necesario conducir el secado al aire libre en las mejores condiciones posibles.

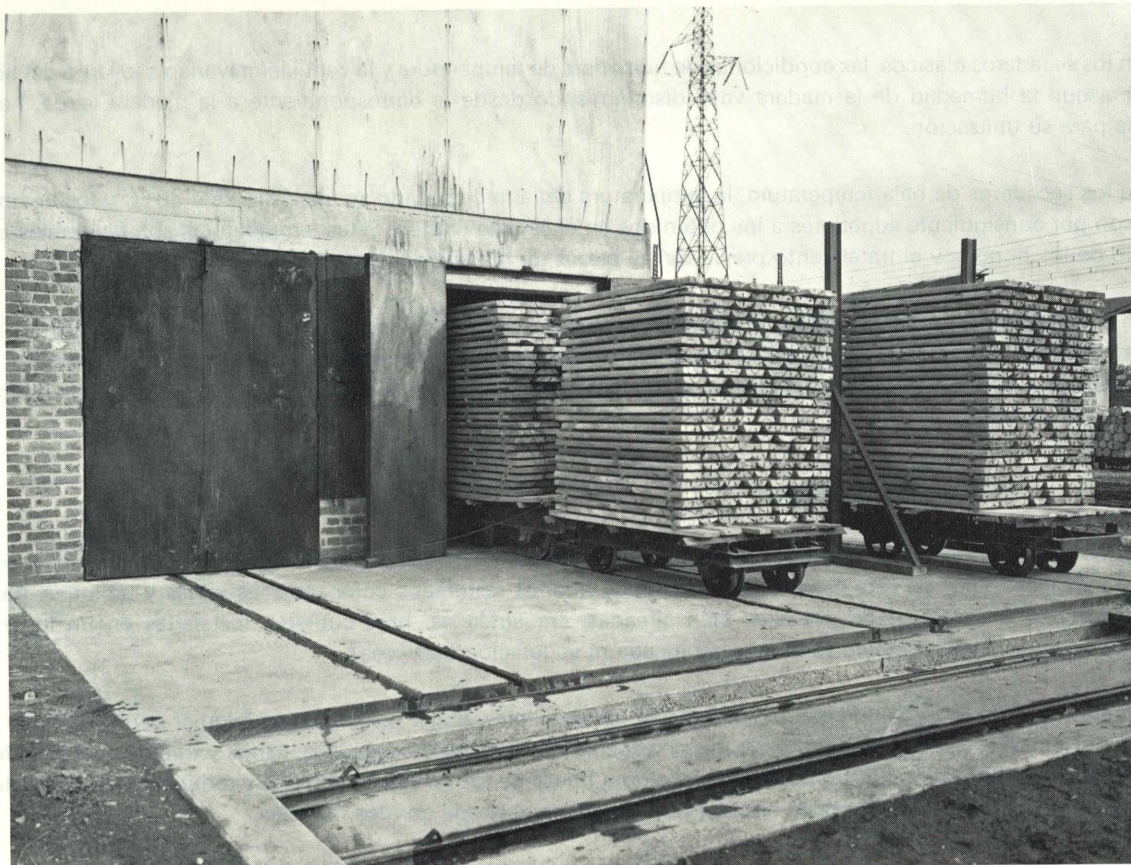
Vamos a examinar a continuación las mejores condiciones de secado y el tratamiento químico propiamente dicho.

### **2.1.1. El secado**

#### **2.1.1.1. Secado artificial**

Existen varios tipos de secaderos artificiales, pero en los países tropicales únicamente se han desarrollado dos métodos de secado: el secado clásico a alta temperatura y el secado a baja temperatura.





**Entrada de un secadero industrial de madera** (Foto Forges de Strasbourg).



**Tablas de Limba durante su secado en el Zaire** (Foto Letourneux).



En los secaderos clásicos, las condiciones de humedad, de temperatura y la ventilación varían a lo largo del tiempo, de manera que la humedad de la madera vaya disminuyendo desde la correspondiente a la madera verde, hasta la requerida para su utilización.

En los secaderos de baja temperatura, la temperatura del aire de secado se fija entre 25 y 30 °C y los tiempos de secado son por consiguiente superiores a los obtenidos en el secado clásico. Estas temperaturas son favorables para el desarrollo de los hongos y el tratamiento previo de las piezas de madera es por tanto necesario.

En cualquier caso, es necesario que el secado artificial se realice correctamente, con el fin de que la madera seque sin deformaciones, ni fendas y llegue al final de la operación en un estado sanitario satisfactorio (en particular, en el secado « clásico », es necesario que la duración de las temperaturas más favorables para el desarrollo de los hongos se reduzca lo más posible).

### 2.1.1.2. Secado natural

En los países en vías de desarrollo, las serrerías que poseen secaderos son poco numerosas, siendo el secado natural lo más extendido. En este caso, se obtienen muy buenos resultados colocando las tablas y tablones, tratados como se describe a continuación, en pilas bien aireadas, enrastreladas, bajo cubierta, instaladas en un lugar bien ventilado y sobre un terreno limpio (sin agua estancada ni vegetación herbácea).

Un error que no se debe cometer es, para hacer los castilletes, coger rastreles de cualquier parte. Hay que tener cuidado de no utilizar más que rastreles de la misma especie que las tablas o tablones, sanos y tratados. De esta forma, nos ponemos a cubierto de un riesgo de contaminación a través de los rastreles alterados y reducimos el riesgo de que se produzcan manchas en los puntos de contacto de la madera aserrada con los rastreles.

## 2.1.2. Tratamiento químico de la madera aserrada verde

### 2.1.2.1. Propiedades que debe tener un producto protector de madera aserrada verde

- El producto utilizado deberá ser eficaz contra los hongos y los insectos.
- En su concepción tradicional, la protección de la madera aserrada no pretende extender su acción más que durante el secado, el almacenamiento o el transporte ulterior. Al estar destinados a tratar maderas que se pondrán a secar bajo cubierta y por lo tanto no estarán sometidas a un deslavado por la lluvia, los productos de protección de la madera aserrada verde, no necesitan tener las mismas propiedades de adherencia, fijación, ni « aferrarse » a la madera como los productos de protección de los rollos.
- Los productos empleados no deberán provocar ninguna modificación del aspecto de la madera, en particular, no deberán cambiar su color natural.
- Deberán ser de aplicación sencilla.
- Irán obligatoriamente en solución acuosa.

### 2.1.2.2. Métodos de aplicación de los productos

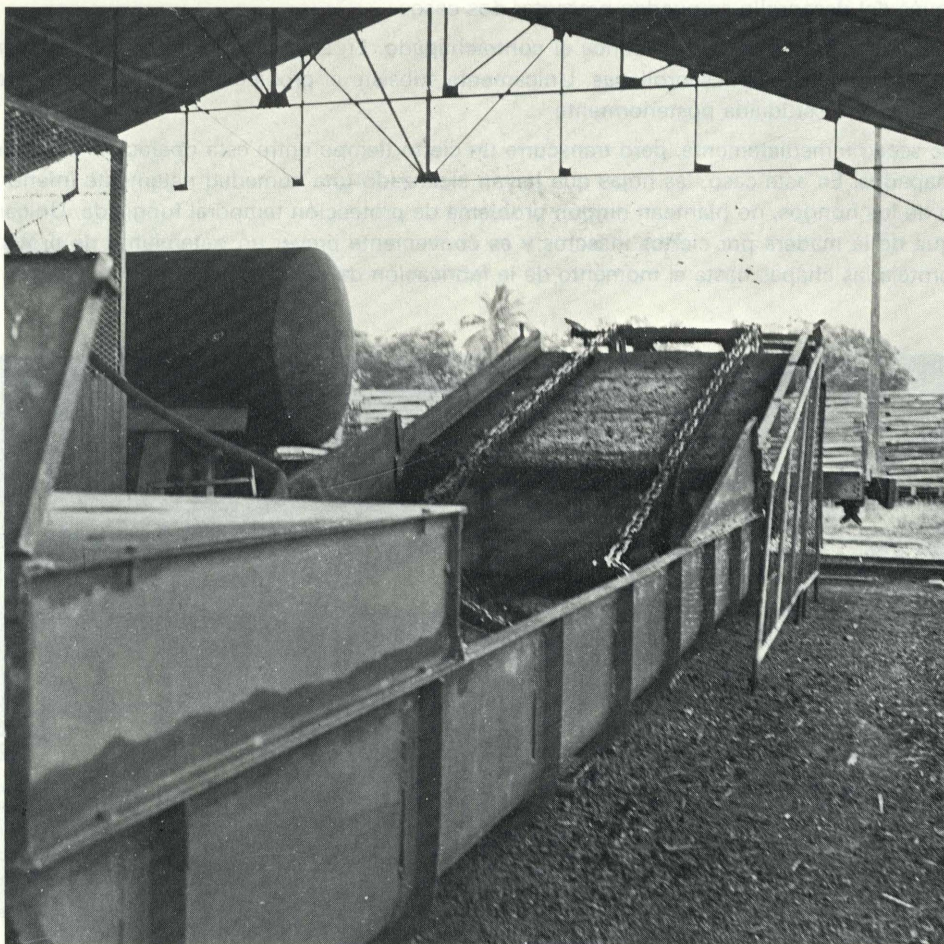
Se pueden utilizar dos formas de aplicación : la inmersión y la aspersión en túnel.

☐ La **inmersión** consiste en sumergir la madera en el baño de tratamiento durante medio minuto aproximadamente, con el fin de que todas las caras de la pieza de madera se empapen convenientemente. La inmersión tabla por tabla asegura, evidentemente, los mejores resultados, pero es relativamente poco práctica. Cuando la cantidad de madera a tratar es bastante importante, es más interesante tratar la madera en paquetes. Estos no deben estar muy apretados para que el líquido de tratamiento pueda penetrar entre los rastreles y las tablas y empapar todas las caras. En el caso de tratamiento en paquetes, el tiempo de inmersión se alargará hasta un minuto. De todas formas, tanto en un caso como en el otro, los depósitos de inmersión deberán estar provistos de un sistema de escurrido para evitar las pérdidas de producto y estarán además instalados bajo cubierta.

☐ La **aspersión en túnel** consiste en hacer pasar las tablas, mediante una cinta transportadora, a través de una especie de cajón provisto de un sistema de aspersión concebido de forma que el líquido alcance a todas las caras de las tablas. Este sistema permite un trabajo más mecanizado que la inmersión, pero necesita una inversión más importante.

Después del tratamiento, las maderas aserradas se pondrán a secar como se ha descrito en el párrafo 2.1.1.2.





**Dispositivo que permite el tratamiento de protección temporal de la madera verde (cinta transportadora que pasa a través del baño de tratamiento)** (Foto Déon).

### 2.1.3. Límites actuales de las posibilidades de tratar eficazmente la madera aserrada

Actualmente se puede considerar que el éxito de un tratamiento de madera verde es aleatorio para espesores de tablas superiores a 50 mm. En efecto, si para los tablones no existen problemas especiales de orden insecticida, por el contrario los problemas de protección fungicida son bien diferentes de los planteados por las tablas finas. Esto se debe al hecho de que el secado de las zonas centrales de los tablones, que deja la madera a cubierto de todo posible ataque de hongos, tarda más en alcanzarse que el de las zonas exteriores, al nivel de las cuales se producen fendas de desecación imperceptibles que abren brechas en la zona protegida. En el caso de pequeños espesores, la humedad central disminuye con suficiente rapidez como para que los hongos que hayan podido penetrar no tengan tiempo de desarrollarse. Pero en el caso de grandes espesores no ocurre lo mismo y se pueden ver ataques de hongos, a veces graves. Esto ocurre sobre todo en ciertas especies sensibles como la llomba, Koto, Obeche, Ramin, etc.

La única solución posible es el secado rápido en secadero, con la condición de que esta rapidez en el secado sea compatible con las exigencias de dicha madera en cuanto a la aparición de fendas o deformaciones.

## 2.2. TRATAMIENTO DE LAS CHAPAS DE DESENROLLO

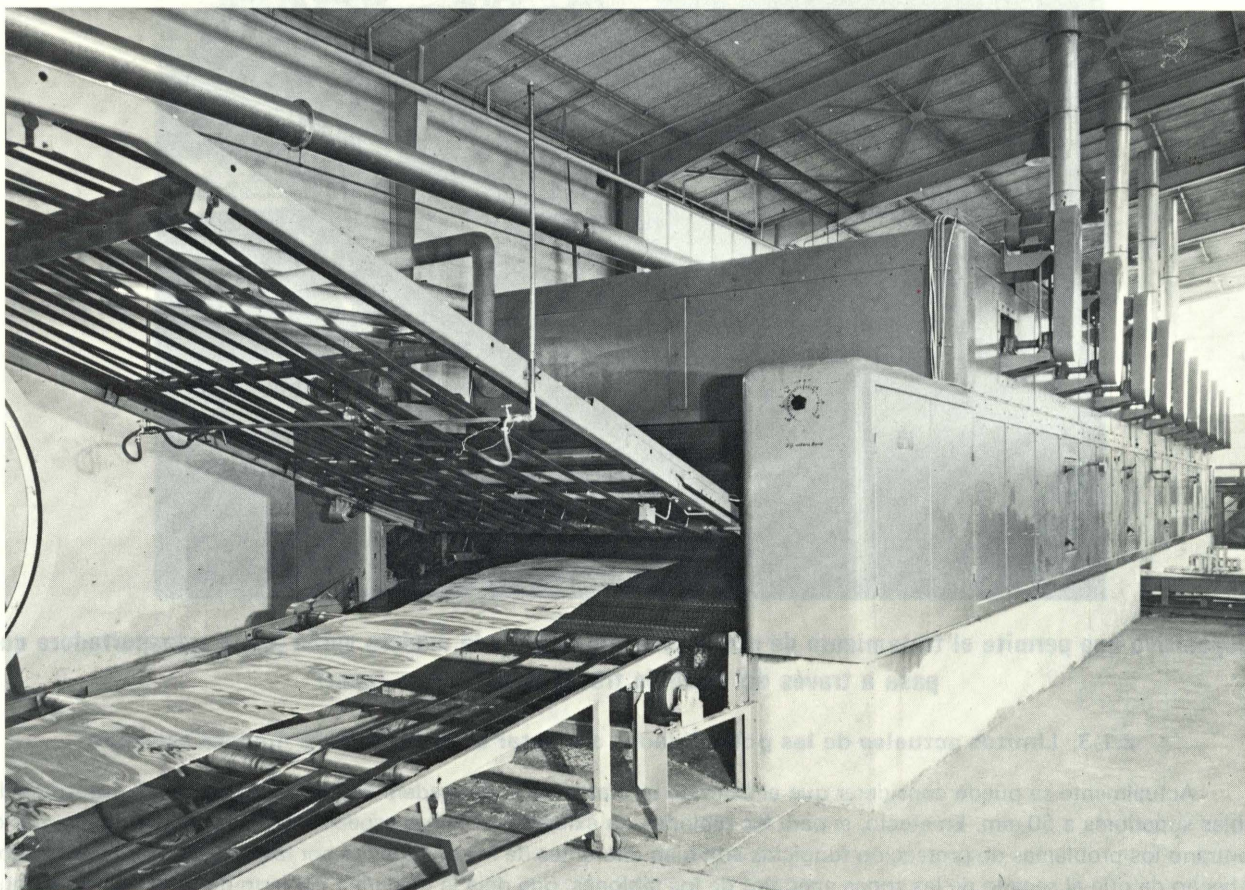
Las chapas de desenrollo se pueden considerar como un producto particular del despiece de un tronco. Plantean igualmente problemas de protección temporal cuando la fabricación del tablero contrachapado no sigue rápidamente al desenrollo de las trozas, y estos problemas de protección son tanto más importantes cuanto que la mayoría de las chapas proceden de especies de madera clara muy sensibles a los ataques. Como ya se ha resaltado en el capítulo dedicado a la protección de las trozas, **es primordial partir de rollos sanos**, es decir, exentos de picaduras negras y de ataques de hongos cromógenos y con mayor motivo, de ataques de hongos de pudrición; esto es especialmente importante para las chapas exteriores de los tableros contrachapados y de tableros alistónados.

Supongamos que los rollos llegan a la fábrica de desenrollo en un estado satisfactorio.



Justo después del desenrollo se pueden presentar dos casos :

- ☐ Las láminas se secan rápidamente y se fabrica el contrachapado. En este caso no se plantea ningún problema de protección temporal de las chapas desenrolladas. Unicamente subsiste el problema de la protección definitiva de los tableros, cuestión que será estudiada posteriormente.
- ☐ Las láminas se secan inmediatamente, pero transcurre un cierto tiempo entre esta operación y la fabricación de los tableros contrachapados. En este caso, las hojas que hayan alcanzado una humedad netamente inferior a la necesaria para el desarrollo de los hongos, no plantean ningún problema de protección temporal fungicida. Unicamente subsiste el riesgo de ataque de la madera por ciertos insectos y es conveniente prever un tratamiento de protección temporal insecticida que proteja las chapas hasta el momento de la fabricación del tablero.



**Secadero de chapa** (Foto Guilliet-Industrie).

### 2.2.1. Propiedades que debe tener un producto para la protección temporal de las chapas de desenrollo

- El producto utilizado deberá ser insecticida.
- La protección de las chapas de desenrollo no pretende ejercer su acción nada más que durante el almacenamiento y transporte posterior (protegido de la intemperie), por lo que los productos protectores utilizados no necesitan presentar una gran adherencia o « aferrarse » a la madera como los utilizados para el tratamiento de la madera en rollo.
- El producto empleado no debe provocar ninguna modificación en el aspecto o color de la madera.
- No debe, en ningún caso, influir sobre el encolado en el proceso de fabricación del tablero.
- Debe ser de aplicación fácil.
- Se presentará obligatoriamente en solución acuosa.

Ahora bien, cuando se visita un taller de desenrollo, qué se comprueba ? El tratamiento, cuando existe, se efectúa frecuentemente mediante una solución de borax. Es necesario destacar aquí que esta operación tiene por finalidad proteger la chapa contra los ataques de Lícidos y de Bostríquidos y, de una forma definitiva, los tableros contrachapados que serán fabricados posteriormente ; no es, en absoluto, un tratamiento de protección temporal y se puede asimilar al tratamiento de madera aserrada por inmersión breve y difusión. Pero esto no es el propósito de este capítulo.



### 2.2.2. Qué métodos de tratamiento utilizar ?

Se pueden considerar dos métodos de tratamiento : la inmersión y la aspersión.

□ La **inmersión** se puede resumir como sigue : a partir del desenrollo, la lámina se corta con guillotina. Inmediatamente después, se pasa a través de un baño que contiene la solución de tratamiento, en el cual no permanece más tiempo que el de su paso. Se puede prever, para mecanizar el trabajo, hacer pasar las chapas cortadas por el baño mediante la utilización de una cinta transportadora. A la salida del baño, las láminas se apilan unas sobre otras durante un periodo de dos a cuatro horas, para favorecer la penetración del producto en el interior de la chapa. A continuación, las chapas se pueden poner a secar, sobre rastreles, en un lugar bien ventilado y protegido de la lluvia.

□ Sin embargo, se puede utilizar un sistema más automatizado, que por otra parte, tiende a desarrollarse : la **pulverización** a la salida del torno de desenrollo.

El aparato consiste esquemáticamente (ver Figura 1) en una rampa de aspersión (A), fijada sobre un torno (D), un sistema de mandos (B) acoplado al puesto de mandos del torno (C), un depósito de producto (CR) provisto de una bomba (P), un depósito para preparar la solución (CP) y un tubo de distribución (T).

La rampa de aspersión está constituida por un tubo sujeto a la parte delantera de la barra de presión del torno. Tiene un cierto número de « boquillas » (G) que aseguran una proyección de la solución protectora en lámina sobre la chapa (F), con un ángulo de dispersión apropiado. El número, la naturaleza y el despiece de las « boquillas » serán tales que toda la superficie de la chapa, a la salida del torno de desenrollo, quede tratada e incluso con un cierto « recubrimiento ».

El producto se prepara en el depósito (CP), y después se transfiere al depósito de almacenamiento (CR) ; desde allí, el líquido se envía mediante la bomba (P) hacia la rampa de pulverización (A) por el tubo de distribución (T). La apertura y el cierre de la salida del producto están dirigidos por el obrero encargado del manejo del torno, mediante un sistema de mandos (B).

Después del tratamiento, las chapas se enrollan sobre una bobina. Esta operación facilita el transporte y permite tratar las dos caras (al enrollar la chapa, la cara superior tratada por pulverización se pone en contacto con la cara inferior sin tratar).

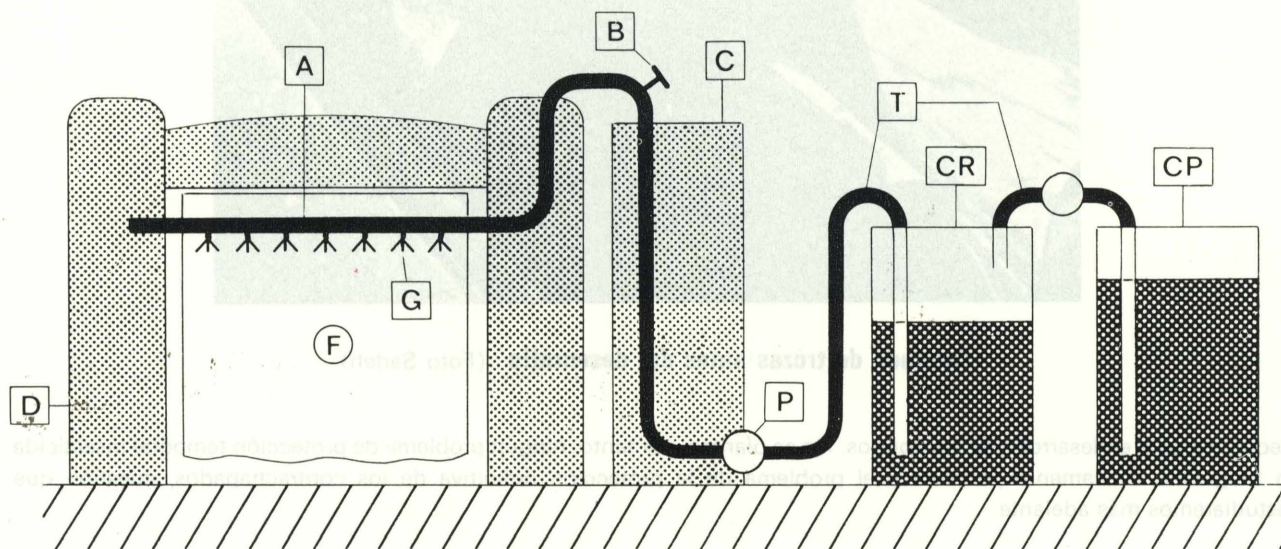


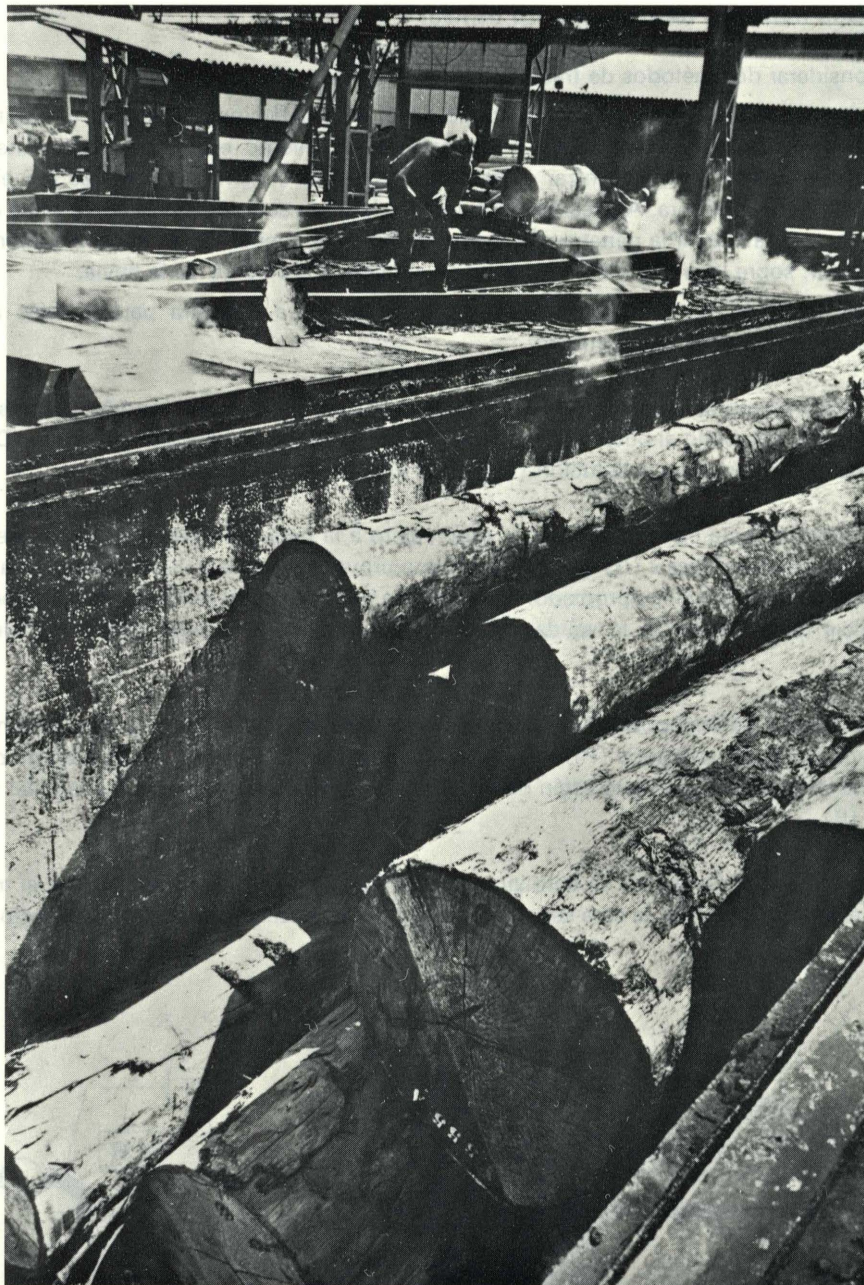
Figura 1

Tratamiento de chapas de desenrollo por aspersión

### 2.2.3. Estado actual de la protección de las chapas de desenrollo

Hemos tratado el problema de la protección temporal de las chapas un poco como recuerdo, pues, actualmente estamos asistiendo a una transformación de la industria del contrachapado en los países tropicales en el sentido de que, los talleres de desenrollo se han incorporado a las fábricas de tableros. Estas fábricas poseen, en particular, túneles de secado muy importantes que, en menos de media hora, secan las chapas hasta una humedad muy por debajo de la





**Estufado de trozas antes del desenrollo** (Foto Sadeh).

requerida para el desarrollo de los hongos. No se plantea, por tanto, ningún problema de protección temporal insecticida o fungicida. Únicamente permanece el problema de la protección definitiva de los contrachapados, cuestión que estudiaremos más adelante.

### 2.3. CONCLUSION

Al igual que la protección de la madera en rollo en bosques tropicales y la protección temporal de la madera aserrada, aunque en menor medida, la protección de las chapas de desenrollo verdes, no debe ser una formalidad secundaria que se realiza no importa cuándo ni cómo; el aserrador y el fabricante de chapa deben comprender que para ciertas especies sensibles, es una operación que debe efectuarse con la misma seriedad que el aserrado o el desenrollo. Las manipulaciones necesarias son fáciles ya que se aplican a piezas de madera de sección relativamente pequeña y utilizando productos en solución acuosa.

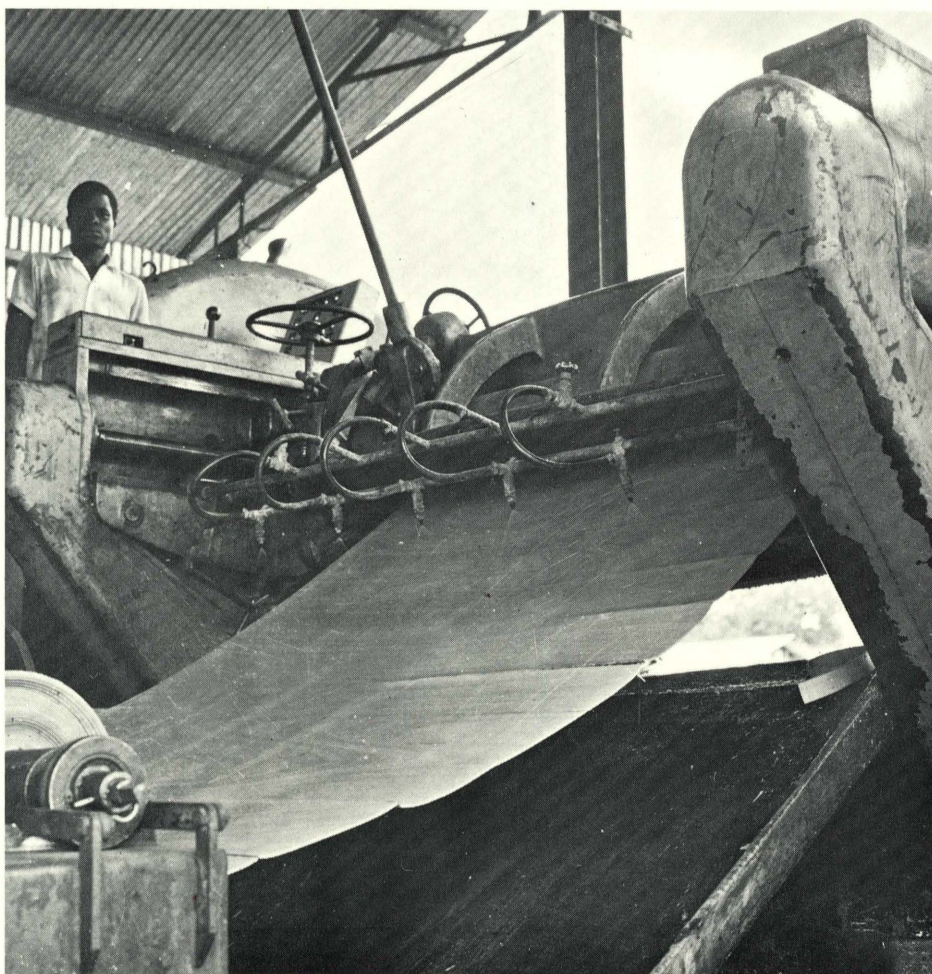
El aserrador debe igualmente comprender que son, no solamente su interés económico, sino también su tranquilidad de espíritu los que están en juego.



## 2.4. RESUMEN

La madera aserrada y la chapa de desenrollo de especies sensibles son susceptibles de ser atacadas, durante el secado, por insectos y hongos. Conviene, por tanto, tomar medidas de carácter preventivo : proporcionar a la madera el mejor secado posible (secado natural o secado artificial), protegerla eficazmente mediante un tratamiento químico insecticida y fungicida apropiado, aplicado por inmersión o pulverización.

Pero el punto más importante que hay que subrayar es el siguiente : **para obtener maderas aserradas o desenrolladas sanas, es necesario partir de rollos sanos. Si esta condición no se cumple, todas las medidas que puedan tomarse a continuación serán ineficaces.**



**Tratamiento por pulverización de chapas de desenrollo** (Foto Déon).



### CAPITULO III

#### PROTECCION DE LAS MADERAS ANTES DE SU PUESTA EN OBRA

Hemos estudiado en el capítulo precedente, las medidas necesarias para proteger las maderas sensibles desde el apeo del árbol en el bosque hasta la puesta en obra, periodo que incluye naturalmente el tiempo de almacenamiento de las piezas secas al aire. Estas medidas no pretenden ejercer su acción nada más que durante un tiempo limitado. Hemos visto que los tratamientos eran únicamente superficiales y no podíamos esperar que proporcionasen una protección definitiva a las maderas puestas en obra.



Termitero (Foto Fougerousse).



Es conveniente, por tanto, estudiar ahora las medidas de carácter preventivo que se deberán tomar cuando la madera vaya a utilizarse en su destino final.

Entre los materiales que el hombre utiliza, la madera es ciertamente uno de los que se emplea con fines más variados. Es, por tanto, uno de los que se tiene una mayor experiencia y para el que se deberían haber resuelto los problemas de puesta en obra. Hay que reconocer que eso no es totalmente exacto y que, como consecuencia de una falta de conocimiento, la madera no está siempre considerada en su justo valor. El reproche que se hace con mayor frecuencia se refiere a su mala conservación. Haría falta que esta óptica cambiase y que se sepa que los fallos que la madera puede presentar son, en la mayor parte de los casos, debidos a un desconocimiento de los problemas planteados y de los medios para resolverlos.

Es necesario introducir aquí ciertos conceptos que desarrollaremos más tarde :

- El concepto de **durabilidad natural** que se puede definir como conjunto de resistencias que la madera presenta naturalmente, es decir, sin ninguna protección química, respecto de los diferentes ataques de insectos, hongos, etc.
- El concepto de **exposición** a los diferentes ataques : es bien conocido que una pieza de madera puesta en contacto con tierra estará más expuesta que la misma pieza de madera utilizada bajo cubierta.
- El concepto de **vida útil** : es evidente que se intentará siempre proporcionar a la madera una conservación lo más larga posible, pero hay que tener igualmente presente que con frecuencia entran en juego consideraciones de orden económico, mientras que la sustitución de simples piquetes de cercas es cosa sencilla, el de las traviesas de ferrocarril o de postes de líneas eléctricas es una operación mucho más complicada y costosa : por razones de carácter económico, se pedirá por tanto, a las maderas utilizadas en grandes obras, una vida útil más larga que a las maderas de uso rural por ejemplo.

En los capítulos que siguen, estudiaremos en primer lugar los ataques que puede sufrir la madera, a continuación el tema de la durabilidad natural y, por último, las medidas de protección que hay que prever para cada una de las utilidades a que vaya destinada.

## 1. AGENTES DESTRUCTORES DE LA MADERA PUESTA EN OBRA

Los seres vivos capaces de deteriorar o de destruir la madera puesta en obra se agrupan esencialmente en cuatro grandes categorías :

- Hongos de pudrición.
- Termitas.
- Otros insectos que producen « galerías ».
- Ciertos organismos marinos que perforan y atacan las maderas puestas en obra en aguas salinas o salobres.

### 1.1. HONGOS

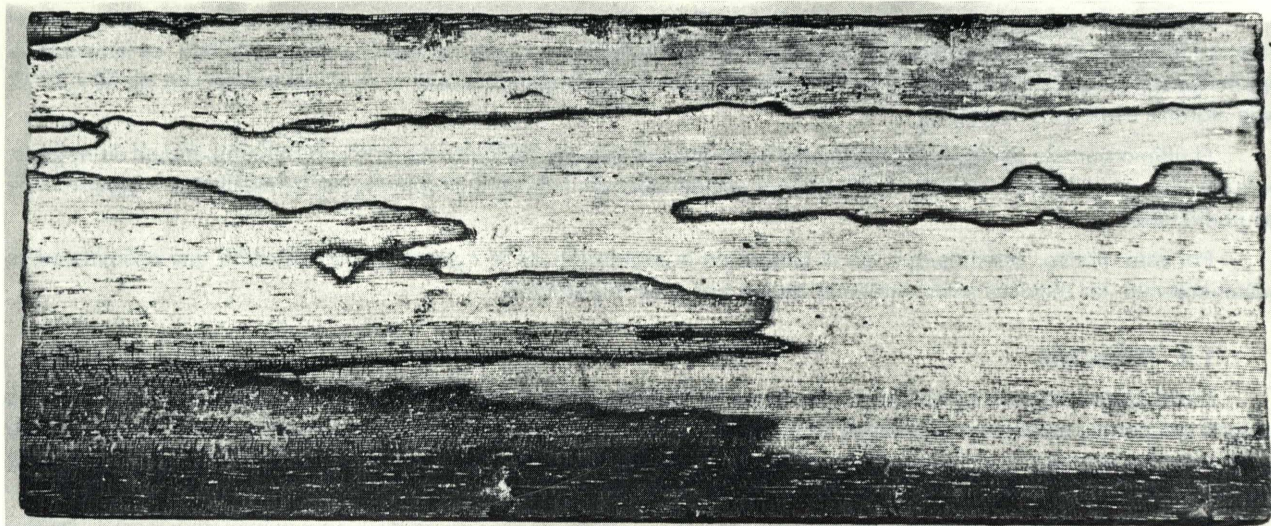
Son responsables de numerosos tipos de pudriciones. Estas consisten en modificaciones profundas e irreversibles de todas las propiedades de la madera, color, dureza, propiedades mecánicas... Los hongos que las producen atacan a los elementos constituyentes de la madera y los transforman en sustancias nutritivas directamente asimilables por ellos.

Cuando se reúnen las condiciones favorables para el desarrollo de los hongos, estos son capaces de « digerir » en su quasi totalidad la madera ofrecida a su voracidad. Para poder llevar a término su obra destructora, los hongos necesitan que se den de forma continua las siguientes condiciones :

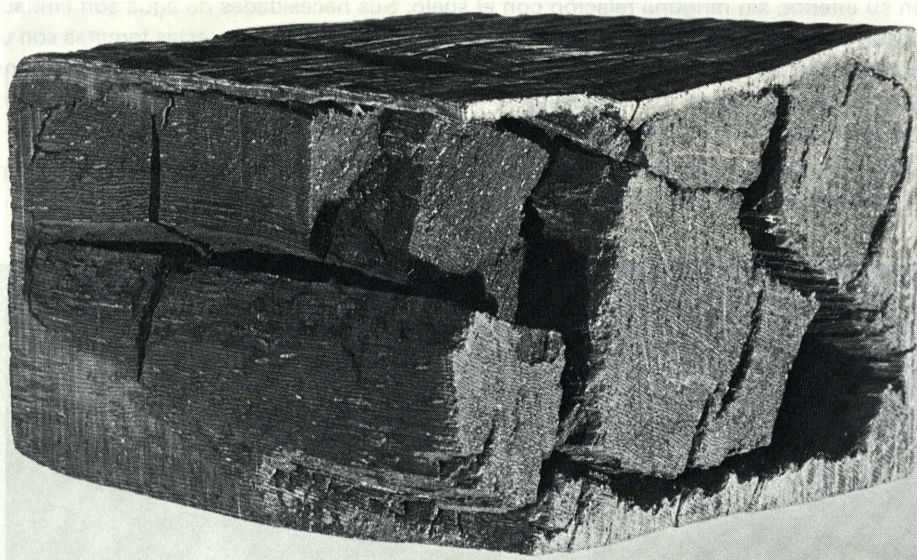
- disponer de un aprovisionamiento de agua suficiente,
- disponer de una cantidad de oxígeno suficiente,
- que se mantenga una temperatura favorable.

Estos factores se encuentran situados en orden decreciente de importancia ; el suministro de agua es fundamental e incluso, si las condiciones de temperatura y la cantidad de oxígeno no se cumplen del todo, el proceso de pudrición comenzará, aunque muy lentamente, y continuará mientras el hongo disponga del agua que necesita.





**Pieza de madera con alteraciones fúngicas tipo pasmo** (Foto J.C. Bollier).



**Tipo de pudrición cúbica** (Foto J.C. Bollier).

Este agua, dónde la encuentra? Puede encontrarla en la madera, si ésta no está suficientemente seca, o fuera de la madera en forma de agua que rezuma, de agua de condensación o de agua del suelo, cuando ésta es accesible (madera en contacto con el suelo).

Qué cantidad de agua necesita?

Hay que distinguir aquí dos grandes tipos de pudriciones: las pudriciones clásicas y la pudrición blanda.

En el caso de las pudriciones clásicas (pudriciones cúbicas y pudriciones fibrosas), se considera que es con una humedad del 35-40% cuando la madera se encuentra más expuesta al ataque de los hongos. A una humedad por debajo del 20-22%, la madera está totalmente a cubierto de esta acción.

La biología de los hongos causantes de la **pudrición blanda** es muy diferente de la de los hongos causantes de las pudriciones clásicas. Toleran una humedad mucho más elevada y se les encuentra en todos los casos en que la madera está extremadamente húmeda, por ejemplo, en maderas sumergidas, maderas en contacto con el suelo...

Las necesidades de oxígeno también varían mucho. Los hongos causantes de las pudriciones clásicas necesitan mucho más oxígeno que los causantes de pudrición blanda.



Queda la cuestión de la temperatura ambiente. Disponiendo de un suministro conveniente de oxígeno y agua, el hongo que ataca a una madera lo hará a una velocidad que variará en función de la temperatura ambiente. La temperatura óptima para el ataque de la madera varía según las especies (esta temperatura óptima es relativamente alta, de 30 a 35°C, para algunas especies tropicales).

El último punto a destacar es el siguiente : una madera seca no corre el riesgo de sufrir ningún ataque de hongos, pero hay que desconfiar de las rehumidificaciones accidentales de la madera, propicias para la instalación y desarrollo de las pudriciones.

Por este motivo, veremos que, en el campo de la protección de la madera de construcción que examinaremos posteriormente, las técnicas arquitectónicas tienen una gran importancia.

## 1.2. TERMITAS

En los países tropicales de clima constantemente húmedo y cálido, donde las condiciones para el desarrollo de los hongos son permanentemente favorables, existe otra amenaza, la de los insectos llamados termitas, cuya actividad se ve igualmente favorecida por el calor y la humedad. Las especies de termitas se cuentan por centenas, pero el número de las que presentan un peligro real para la madera es relativamente limitado.

En lo que concierne a la forma en que estos insectos atacan a la madera, es necesario distinguir entre las termitas llamadas « de madera seca » y las « subterráneas ».

**Las termitas « de madera seca »** se caracterizan por el hecho de que se instalan directamente en la madera, desarrollándose en su interior, sin ninguna relación con el suelo. Sus necesidades de agua son limitadas y la humedad de la madera les basta. Aunque forman colonias de relativamente pocos individuos, estas termitas son unos destructores de madera muy activos. Los signos externos del ataque son bastante evidentes para un buen observador : de vez en cuando, la colonia vierte al exterior los excrementos acumulados durante un cierto periodo ; estos constituyen montoncitos de pequeños granos en forma de prisma hexagonal muy fácilmente reconocibles.

Desde el punto de vista de la lucha, tanto preventiva como curativa, a llevar contra ellas, las termitas de madera seca se asimilan a los insectos comunes de las maderas secas que estudiaremos más adelante.



**Puerta de Fraké atacada por termitas « de madera seca »** (Foto Fougousse).



**Las termitas « subterráneas »** forman colonias que no se instalan en la madera. Se encuentran generalmente en el suelo, donde pueden cubrir sus necesidades de agua (superiores a las de las termitas « de madera seca ») con mayor facilidad. Las colonias pueden también establecerse fuera del suelo, pero siempre en un lugar donde puedan disponer sin problemas de la cantidad de agua que necesiten. Esta dependencia respecto del agua se ve ilustrada por la regla fundamental de la construcción en regiones termitadas : aislar todos los edificios del suelo mediante un material no atacable (hormigón, piedra...) y convertir el terreno en inhabitable para las termitas mediante la adición de productos tóxicos.

Las termitas son insectos que temen la luz y, a excepción de la época en que dejan la colonia para crear una nueva, no se encuentran jamás libremente en el aire. Sus desplazamientos se realizan siempre a través de galerías o túneles construidos con diversos desechos, tierra, excrementos, saliva y estas construcciones denuncian la presencia de termitas. Para alcanzar un material nutritivo, madera, papel, ropa... las termitas son capaces a la vez de recorrer grandes distancias y traspasar materiales muy diversos como la escayola, ciertos cementos... Se han visto incluso plásticos, tuberías de plomo, fuertemente atacadas. Las degradaciones que provocan son de dos tipos, bien perforaciones correspondientes a los caminos de las termitas en busca de alimento, bien una destrucción parcial o completa de los alimentos propiamente dichos, y la madera es uno de ellos.



**Ataque de termitas « subterráneas »** (Foto J.C. Bollier).

### 1.3. OTROS INSECTOS DE MADERA SECA

Entre los insectos que atacan a la madera seca, es necesario distinguir entre los que atacan a la madera de coníferas y los que lo hacen a la de frondosas.

Ya que las coníferas representan, entre las maderas tropicales, una proporción muy pequeña, sólo citaremos, como recordatorio, los insectos que las atacan, entre los cuales, los más importantes pertenecen a la familia de los Cerambícidos.

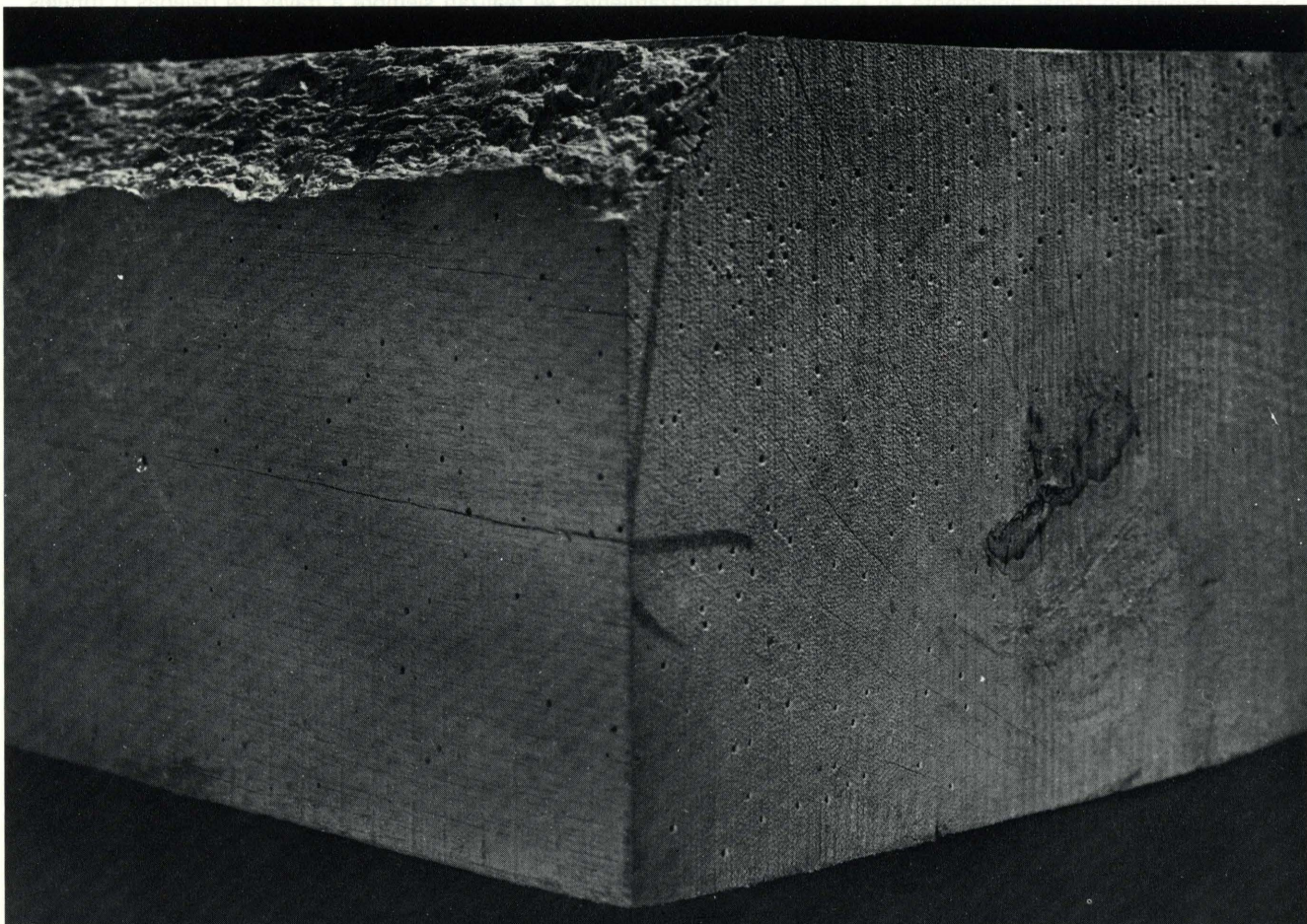
Las frondosas poseen igualmente enemigos importantes, sobre todo los *Lyctus* en los países templados y los *Lyctus* y los *Bostríquidos* en las regiones tropicales.

La biología de los *Lyctus* y de los *Bostríquidos* permite afirmar que sus ataques están esencialmente ligados al contenido de almidón de la madera. Cuando una madera contiene almidón, no escapará prácticamente nunca al ataque



de estos insectos, a menos, naturalmente, que se le haya aplicado un tratamiento de protección adecuado. El almidón es una sustancia de reserva y, por tanto, se haya localizado en la albura.

En las especies que presentan una albura bien diferenciada, solamente ésta podrá ser atacada, el duramen no lo será nunca. Pero las especies en que no existe una distinción clara entre albura y duramen (es el caso de la Limba, Fuma, llomba, etc.), aunque anatómicamente esta distinción exista, hay que mostrarse prudente y considerar que toda la masa de madera se encuentra sometida a un riesgo de ataque seguro por parte de los Lícidos y los Bostríquidos si no se toman unas medidas de protección eficaces.



**Aspecto externo e interno de un fuerte ataque de Lyctus sobre llomba** (Foto Chatelain).

#### 1.4. PERFORADORES MARINOS

La madera sumergida está automáticamente protegida contra el ataque de hongos e insectos y se podría pensar que su conservación no plantea problemas. Si esto es cierto para la madera sumergida en agua dulce, no lo es para la sumergida en agua salina o salobre que contiene organismos cuya acción sobre la madera está muy lejos de ser despreciable, los perforadores marinos.

Entre estos organismos podemos distinguir :

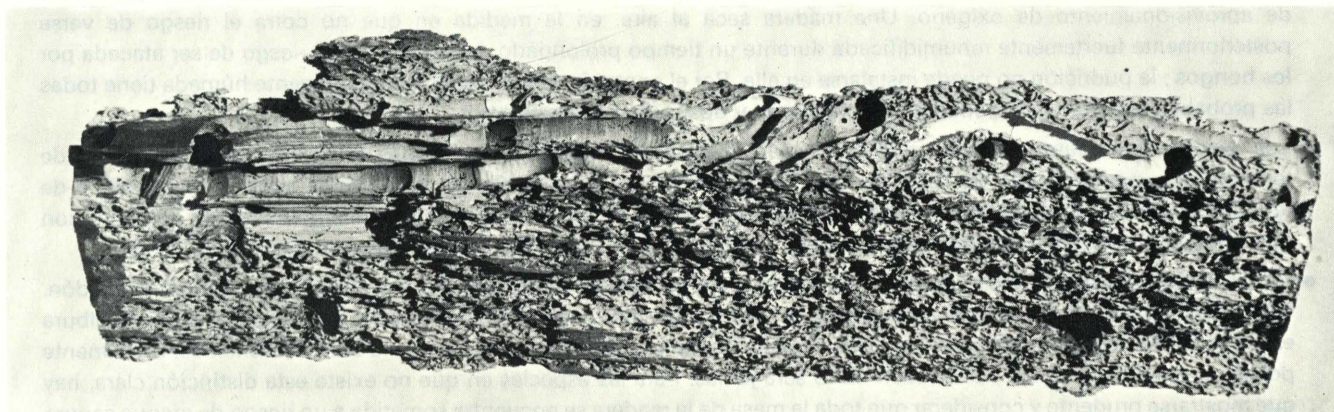
- ☐ **Foládidos** (que se parecen a pequeños mejillones) que se fijan en la madera y perforan en ella pequeñas celdas, cuyas dimensiones raramente sobrepasan seis centímetros de largo y dos centímetros de ancho.
- ☐ **Pequeños crustáceos**, armados de sólidas mandíbulas, con ayuda de las cuales perforan en la madera pequeños refugios individuales.
- ☐ **Teredos**, que son sin lugar a duda los organismos xilófagos más peligrosos. Se encuentran únicamente en aguas saladas o salobres. Penetran en la madera en estado de jóvenes larvas, por consiguiente a través de un pequeño orificio, después se desarrollan y pasan en ella toda su vida, bastante corta por cierto. Los teredos poseen un cuerpo cilíndrico, en forma de gusano, blando y frágil, separado de las paredes de la galería por una carcasa calcárea muy delgada. El orificio de entrada, como hemos indicado anteriormente, es muy pequeño y permanece así, pero el diámetro de la galería



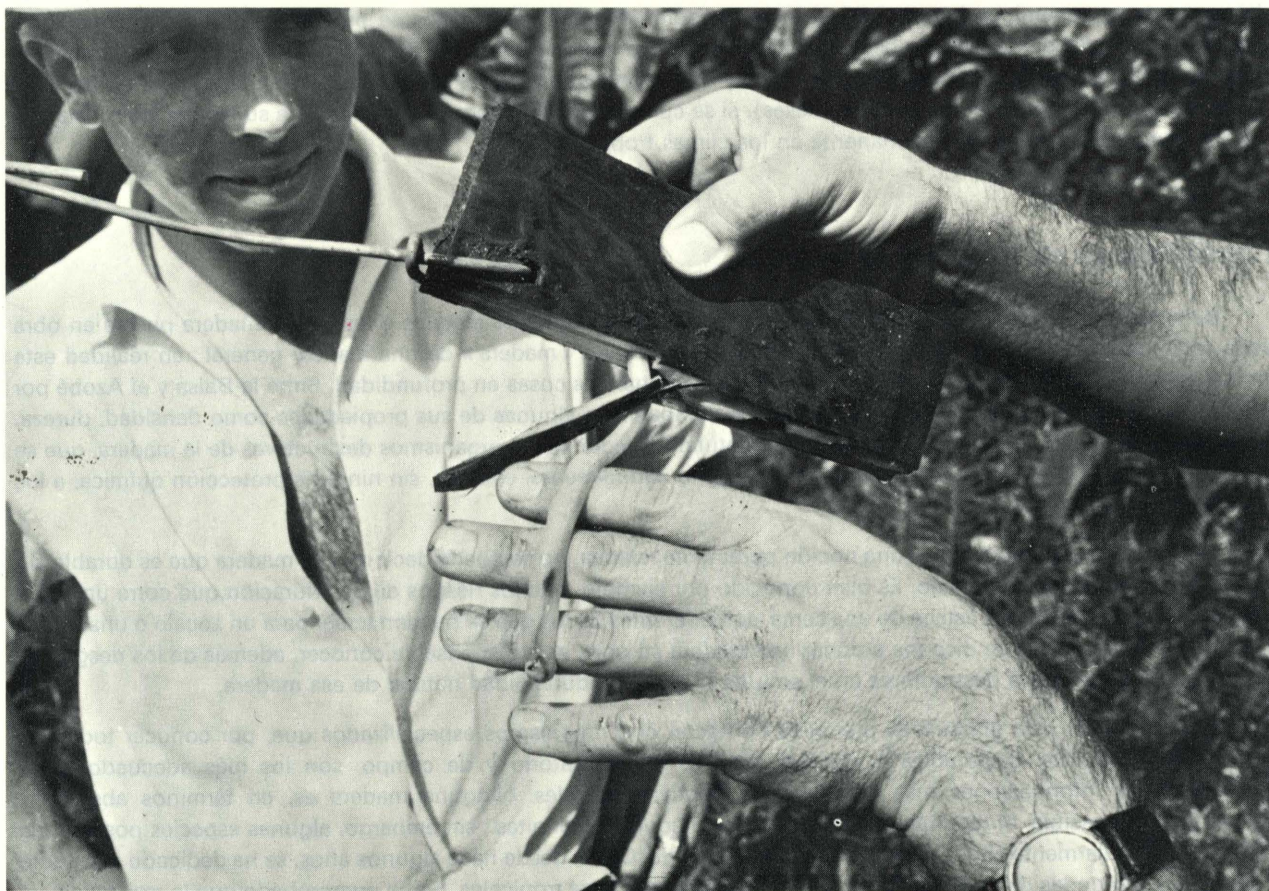
se ensancha al mismo tiempo que el diámetro del animal y sobrepasa, con frecuencia, un centímetro para algunas especies. La longitud de las galerías (que corresponde a la longitud del animal) puede alcanzar e incluso superar el metro.

Existen numerosas especies de Teredos y cada una tiene unas condiciones óptimas de vida propias, entre las que las más importantes son la salinidad y la temperatura del agua. Esto explica, en parte, la distribución geográfica de las especies y su virulencia. En los mares tropicales, los teredos constituyen un peligro más grave para la madera que en los mares templados o fríos; las condiciones óptimas para su desarrollo se mantienen en ellos casi constantes. Estas maderas, expuestas en el mar del Norte o en el Báltico, por ejemplo, durarían mucho más tiempo que en el Mediterráneo, y con mayor razón, que sobre la costa del Gabón, en la laguna Ebrié en Côte-d'Ivoire o en la desembocadura del Wouri en Camerún.

Sin embargo, hay que destacar que la población de Teredos es tanto mayor cuanto mayor es el volumen de madera ofrecida a su voracidad; por ello, las zonas de la costa oesteaficana, cercana a los grandes puertos de embarque de madera, son lugares elegidos por los Teredos, constituyendo un verdadero peligro para los rollos almacenados durante un cierto tiempo en agua salina o salobre en espera de ser embarcados.



**Ataques de Teredos y de crustáceos** (Foto J.C. Bollier).



**Teredo** (Foto Guiscafré).



## 1.5. CONCLUSION

Los párrafos precedentes han descrito de una manera muy sucinta los diferentes tipos de ataques que las maderas puestas en obra, corren el riesgo de sufrir. Estos recuerdos, aunque someros, eran necesarios, pues conociendo los riesgos que corre la madera en su destino final, el usuario conocerá y comprenderá mejor los métodos de protección que asegurarán a la madera una vida útil aceptable. Se asiste, en efecto, con demasiada frecuencia, a fracasos lamentables, casi siempre consecuencia de una ignorancia parcial o total de los problemas que se plantean en el campo de la protección de maderas.

## 1.6. RESUMEN

Los seres vivos capaces de degradar o destruir la madera puesta en obra comprenden principalmente : los hongos causantes de las pudriciones, las termitas, los demás insectos que perforan « galerías » y ciertos organismos marinos.

- Los hongos pueden degradar profundamente la madera en condiciones bien definidas de humedad, de temperatura y de aprovisionamiento de oxígeno. Una madera seca al aire, en la medida en que no corra el riesgo de verse posteriormente fuertemente rehumidificada durante un tiempo prolongado, no corre ningún riesgo de ser atacada por los hongos ; la pudrición no puede instalarse en ella. Por el contrario, una madera constantemente húmeda tiene todas las probabilidades de verse rápidamente infectada y destruida por los hongos.
- Los riesgos de ataque por las termitas son especialmente importantes en los países tropicales, tanto si se trata de termitas « de madera seca » que pueden vivir sin contacto con el suelo (la humedad de la madera les basta), o de termitas « subterráneas » que, para satisfacer sus necesidades de agua, deben estar constantemente en contacto con una fuente de humedad, generalmente el suelo, mediante un circuito más o menos grande de galerías.
- El ataque de Líctidos y de Bostríquidos, está ligado a la presencia en la madera de una sustancia de reserva : el almidón. Este último se encuentra siempre en la albura, en cantidades más o menos importantes y, por lo tanto, ninguna albura está a cubierto del ataque de estos insectos. Para las especies que presentan una albura bien diferenciada, únicamente podrá ser atacada la albura ; el corazón no lo será jamás. Para las especies en que no existe esta distinción clara, hay que mostrarse prudente y considerar que toda la masa de la madera se encuentra sometida a un riesgo de ataque seguro si no se toman medidas eficaces de protección.
- Las maderas sumergidas en medio marino (aguas salinas o salobres), si bien están a cubierto de los insectos y de los hongos, poseen enemigos importantes : los perforadores marinos. Entre estos se pueden distinguir : los foliádidos, especies de crustáceos y los teredos. Estos últimos son, sin lugar a dudas, los más peligrosos. Perforan en la madera galerías que pueden alcanzar grandes diámetros y más grandes longitudes y llegan a destruir la madera en plazos a veces muy cortos (del orden de algunos meses), si se cumplen las condiciones óptimas para su ataque, circunstancia que se produce de forma casi permanente en los climas tropicales.

## 2. DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA

Hemos estudiado, en el capítulo precedente, los diferentes tipos de ataques a los que la madera puesta en obra puede estar sometida. En ese capítulo hemos utilizado el término « madera » de una manera general ; en realidad este término tiene un significado muy reducido cuando se examinan las cosas en profundidad. Entre la Balsa y el Azobé por ejemplo, las diferencias entre sí son considerables si comparamos algunas de sus propiedades como densidad, dureza, resistencias mecánicas... y también su durabilidad natural respecto de los organismos destructores de la madera, que se puede definir como la resistencia que la madera presenta naturalmente, es decir, sin ninguna protección química, a los diferentes ataques de insectos, hongos, etc.

Esta noción de durabilidad es una noción puramente relativa, no se puede decir de una madera que es durable sin precisar las condiciones de empleo. Es bien conocido por ejemplo, que los riesgos de deterioración que corre un poste de telecomunicaciones o una estaca de una cerca, son diferentes de los que se pueden temer para un zócalo o unas vigas en interiores. Cuando uno se dispone a poner una madera en obra, es indispensable conocer, además de los riesgos de ataque por los organismos destructores en el empleo previsto, la durabilidad natural de esa madera.

Como conocer esta última ? Es preferible contactar con organismos especializados que, por conocer todas las informaciones prácticas disponibles y efectuar ensayos de laboratorio y de campo, son los más adecuados para proporcionar las informaciones más completas y objetivas posibles. Ninguna madera es, en términos absolutos, totalmente imputrescible, ni totalmente resistente a los ataques de termitas ; sin embargo, algunas especies poseen una resistencia particularmente alta. La División de Protección del CTFT, desde hace algunos años, se ha dedicado al estudio de las causas profundas de la durabilidad natural de ciertas maderas tropicales. Se ha comprobado que la resistencia de las maderas a la pudrición y a las termitas, estaba fundamentalmente ligada a la presencia, en las paredes celulares de



ese material, de sustancias químicas naturales, llamadas comunmente extractivos, con propiedades fungicidas o insecticidas. Igualmente, la disminución neta, al menos para ciertas especies, de la durabilidad natural de la madera desde el exterior del duramen hacia el interior del árbol, se ha podido explicar claramente como consecuencia de una disminución radial del contenido en extractivos de acción biocida.

Contrariamente a lo que sucede cuando se evalúa la resistencia de una madera a la acción de los hongos y de las termitas, resistencia eminentemente variable según las especies y, a veces, dentro de una misma especie, y que puede tomar todos los valores de una escala muy amplia (de no resistente a extremadamente resistente), la determinación de su resistencia al ataque de insectos « de madera seca », es muy simple ; se trata, en efecto, de todo o nada.

Hemos visto anteriormente que la vulnerabilidad de una madera respecto de los Lícidos y de los Bostríquidos, estaba directamente relacionada con la presencia, en los tejidos, de una sustancia : el almidón. Un simple ensayo rápido indicativo de la presencia o ausencia de almidón indica al mismo tiempo la vulnerabilidad o la resistencia de la madera. No existen medias medidas, decir que una madera es « bastante resistente » a los Lícidos y a los Bostríquidos no tiene rigurosamente ningún sentido. O bien reúne las condiciones para ser atacada y lo será y quedará destruida en un periodo más o menos largo ; o bien no reúne estas condiciones y, por consiguiente, nunca podrá ser atacada.

Es necesario ahora, intentar hacer una clasificación que sea la más objetiva posible. Cualquiera que sea su empleo, una pieza de madera se encuentra siempre puesta en obra en una de las condiciones siguientes :

- en contacto directo con el suelo y expuesta a la intemperie
- aislada del suelo pero expuesta a la intemperie
- bajo cubierta pero en contacto permanente con una fuente de humedad
- aislada del suelo y a cubierto de cualquier posible rehumidificación
- sumergida en agua dulce
- sumergida en agua salada o salobre.

## 2.1. MADERA PUESTA EN OBRA EN CONTACTO CON EL SUELO Y EXPUESTA A LA INTEMPERIE



**Grave pudrición en una traviesa insuficientemente protegida** (Foto Fougerousse).



Las principales utilidades en que la madera se encuentra en estas condiciones son las siguientes : traviesas de ferrocarril, postes de telecomunicaciones y de transporte de energía eléctrica, empalizadas, pilotes, etc. En estos empleos, se encuentran reunidas las condiciones más adversas en cuanto a la conservación de la madera : riesgo permanente de pudrición y de ataque de termitas (en las regiones termitadas). Para estas exposiciones, si se quiere utilizar madera sin aplicarle ningún tratamiento de protección preventiva, es necesario elegir especies que posean una gran resistencia y tengan una durabilidad natural muy alta respecto de todos los organismos destructores de la madera. En las regiones tropicales donde los riesgos conjuntos de pudrición y ataque de termitas son permanentes a lo largo de todo el año, no se puede utilizar prácticamente ninguna especie para usos de larga duración, sin aplicarle un tratamiento químico de protección.

## 2.2. MADERA PUESTA EN OBRA, AISLADA DEL SUELO PERO EXPUESTA A LA INTEMPERIE

Las principales utilidades en que la madera se encuentra en estas condiciones de exposición son las siguientes : carpintería exterior, estructuras en exteriores, estructuras de puentes, etc. Cuando una madera está puesta en obra en esta situación, está mucho menos expuesta a los ataques de hongos que en el caso precedente, ya que su humedad no se mantiene de forma constante al nivel óptimo para el desarrollo de las pudriciones. La única fuente de humedad la constituyen la lluvia y el agua de condensación. Mientras que para la madera en contacto con el suelo, la humidificación es continua, en la madera aislada del suelo, pero expuesta a la intemperie, la acción del agua es intermitente. A una humidificación superficial puede seguir un secado rápido de las zonas externas de la pieza, dificultando la instalación y desarrollo de las pudriciones. Sin embargo, si por cualquier razón, el agua llega a depositarse en algún lugar (fendas, ensambles mal ajustados...), la pudrición aparecerá inmediatamente en las partes húmedas e irá progresando hacia las sanas. **Por este motivo, en los países tropicales sólo se deben utilizar, para este tipo de empleo, maderas de muy buena durabilidad natural** (ver Tabla II y IIbis, p. 47-53).

Hay que hacer notar que estas indicaciones sólo sirven para el duramen ; la albura posee en general una durabilidad mediocre.



**Casa completamente de madera en la República Centro-africana** (Foto Guignonis).



### 2.3. MADERA PUESTA EN OBRA BAJO CUBIERTA, PERO EN CONTACTO PERMANENTE CON UNA FUENTE DE HUMEDAD

Es en esta categoría de empleo donde se producen con mayor frecuencia problemas de conservación, debidos generalmente a un optimismo exagerado. La madera está bajo cubierta, aislada de la humedad del suelo. Se han tomado las precauciones de ponerla en obra seca al aire. Y sin embargo, la madera se pudre. Dónde se producen generalmente estas pudriciones? En maderas en contacto con muros húmedos, en los cuartos de baño, en repisas debajo de los fregaderos, en las piezas de empotramiento de los acondicionadores de aire, en definitiva, en todos aquellos lugares en que la madera sufre una rehumidificación permanente por agua de condensación o por fugas de agua inapreciables. Al riesgo de ataque por los hongos, hay que añadir el riesgo de ataque por los insectos, como se describirá en el párrafo siguiente.

**Es por tanto conveniente no utilizar, para estos empleos bastante expuestos, nada más que maderas de buena durabilidad natural** (ver Tabla II bis, p. 52-53).

### 2.4. MADERA PUESTA EN OBRA, AISLADA DEL SUELO Y PROTEGIDA DE TODO RIESGO DE REHUMIDIFICACION

En estas condiciones que son las de la mayoría de la carpintería interior (parquets, escaleras, puertas, zócalos, ...) y del mobiliario, sólo se debe tomar en consideración la durabilidad de la madera respecto de los insectos de madera seca. En efecto, salvo en casos excepcionales, los riesgos de ataque por hongos y termitas no intervendrán si la construcción en cuyo interior se encuentran las maderas está bien concebida y saneada. Hemos visto en capítulos precedentes que, cuando las especies de madera poseen una albura y un duramen diferenciados, este último es inatacable por los Lícidos y los Bostríquidos. Es el caso por ejemplo, del Sipo, Niangón, Sapelli, Tiama, Kapur, Amarante, Kouali, Wapa, ... **Para estas especies no es necesario plantearse el tratamiento del duramen. Por el contrario, si las piezas de madera contienen partes de albura es imperativo aplicar un tratamiento a esas partes, pero solamente a ellas.**

Para ciertas especies sin duramen diferenciado (ver Tabla I, p. 45), toda la masa de la madera es sensible al ataque de los insectos de madera seca y no se puede pensar en utilizarlas sin aplicarles un tratamiento previo de protección.

### 2.5. MADERA SUMERGIDA EN AGUA DULCE

Completamente sumergida en agua dulce, la madera no tiene nada que temer ni de los insectos ni de los hongos, y en general, se conserva muy bien. Sin embargo, cuando la madera está en parte sumergida (pilotes en agua dulce, construcciones fluviales), **la zona que emerge se encuentra expuesta a la pudrición** (caso de la madera en contacto permanente con una fuente de humedad, estudiado anteriormente).

### 2.6. MADERA SUMERGIDA EN AGUA SALADA O SALOBRE

En esta exposición, las maderas son susceptibles de ser atacadas por los xilófagos marinos (teredos, foládidos, ...). Hemos visto que la evolución y la gravedad de los ataques estaban fuertemente relacionadas con la salinidad y la temperatura del agua, con la población de xilófagos (en los puertos...). Por este motivo, es muy difícil prejuzgar el comportamiento exacto de una madera y prever una vida útil, incluso de forma aproximada. Hecha esta puntualización, las maderas presentan una resistencia natural muy variable respecto de los xilófagos marinos. Si ciertas maderas pueden utilizarse en climas templados y resistir un tiempo apreciable, su comportamiento es totalmente diferente en zonas tropicales donde únicamente se puede esperar una vida útil, suficientemente larga, de muy pocas especies (que por otra parte, plantean graves problemas en el aserrado como consecuencia de su elevado contenido en sílice). Para la mayoría de las maderas, su empleo en agua salada está supeditado al desarrollo de productos y técnicas de protección.

### 2.7. RESUMEN

Las diferentes maderas se comportan, respecto de sus agentes destructores, hongos, termitas, Lícidos, Bostríquidos y xilófagos marinos, de una manera muy variable.

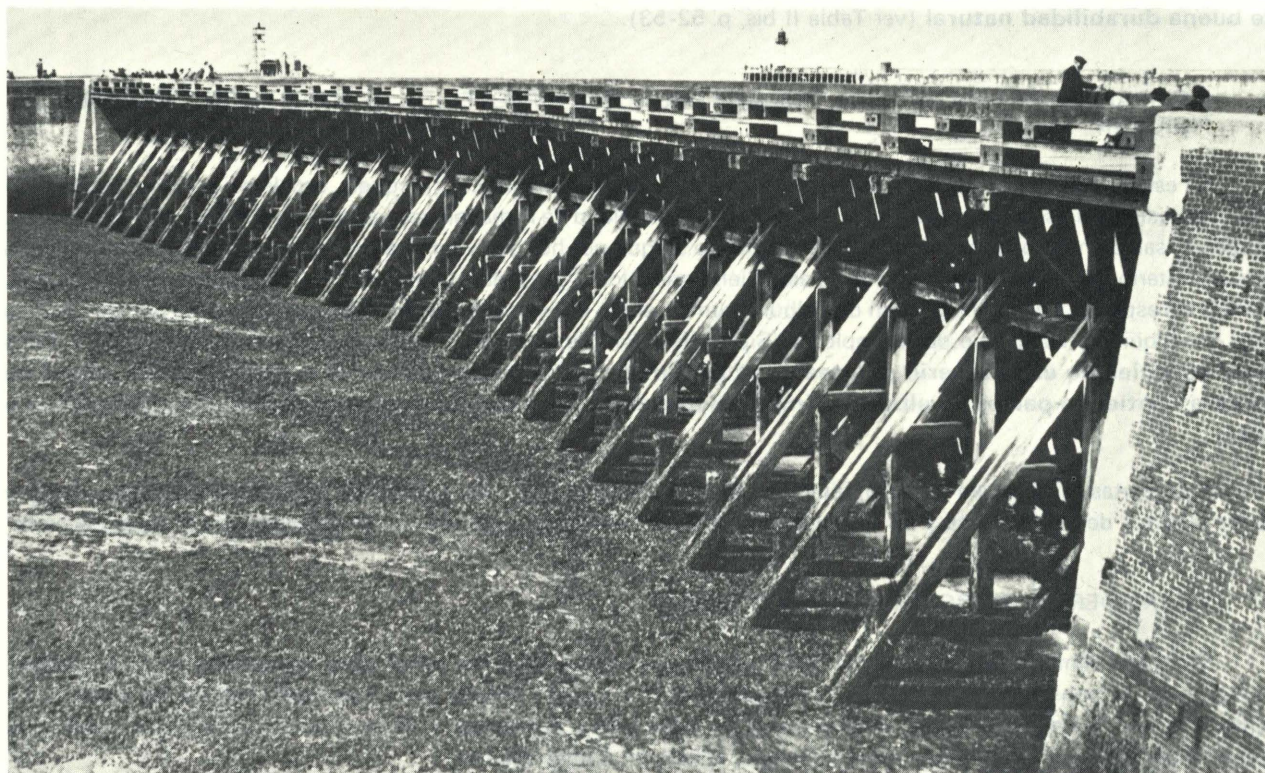
Se llama durabilidad natural a la resistencia que la madera presenta de forma natural, es decir, sin protección química, a los diferentes ataques de orden biológico. La durabilidad natural frente a los hongos, las termitas y los organismos destructores de la madera en medio marino es muy variable según las especies y a veces incluso dentro de la misma especie.



La resistencia natural de la madera respecto de los Lícidos y los Bostríquidos (insectos de madera seca), sigue una regla simple :

- Si las especies poseen albura y duramen diferenciados, este último es resistente a estos insectos mientras que la albura no lo es.
- Ciertas especies (Limba, Ilomba, Obeche, Marupa...), para las que no se puede hacer distinción entre la albura y el duramen, son sensibles a los ataques en toda su masa y no podrán utilizarse más que en la medida en que se les haya aplicado previamente un tratamiento químico de protección adecuado.

El lector podrá encontrar en las Tablas II y II bis, páginas 47-53, un cierto número de informaciones sobre la durabilidad natural de las especies tropicales más corrientes respecto de las pudriciones, ataques de termitas y de Lyctus.



**Estacada en agua salada** (Foto Vivier).

### 3. PROTECCION DE LA MADERA ANTES DE SU PUESTA EN OBRA

A lo largo de los capítulos precedentes, el lector ha podido familiarizarse con la madera, y particularmente con los organismos vivos que pueden poner en peligro su buena conservación a lo largo del tiempo. Se ha podido comprobar que ciertas especies poseen suficiente durabilidad para su utilización prevista, pudiendo ser utilizadas sin tratamiento químico previo. Esto implica que otras especies deben someterse, al carecer de una resistencia natural satisfactoria, a un tratamiento de protección. Además, la relativa disminución de las especies de alta durabilidad natural y, sobre todo, el deseo de los gobiernos de los países tropicales de promover la explotación de nuevas especies (con frecuencia abundantes e interesantes desde el punto de vista tecnológico, pero que presentan una durabilidad natural no tan alta como sería de desear), se introducen en el mercado maderas que exigen medidas precisas de protección.

Proteger la madera es asegurarle, mediante la utilización de productos químicos fungicidas e insecticidas correctamente aplicados, la resistencia que no tiene de forma natural para una vida útil lo más larga posible. Proteger la madera es por tanto asegurar su buena conservación. Esta operación no tiene sentido nada más que si su acción es válida como mínimo durante diez años y si es posible mucho más.

Proteger una madera, es igualmente actuar de forma que se ponga en servicio en las mejores condiciones posibles. En la construcción en regiones termitadas por ejemplo, esto implicaría tratar el terreno con un producto antitermitas, aislar la casa del suelo mediante pilotes de hormigón, asegurar una ventilación adecuada de toda la estructura, todas ellas, medidas que al disminuir el riesgo de ataque, contribuyen a mejorar la conservación de las maderas utilizadas.



**TABLA I**  
**Especies sin duramen diferenciado o mal diferenciado**

DENOMINACIÓN ATIBT*	PROCEDENCIA	NOMBRE CIENTÍFICO
Ako. ....	Af	<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch.
Benuang. ....	As	<i>Octomeles sumatrana</i> Miq.
Duabanga. ....	As	<i>Duabanga moluccana</i> Bl.
Ekoune. ....	Af	<i>Coelocaryon preussii</i> Warb.
Emien. ....	Af	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.
Essessang. ....	Af	<i>Ricinodendron heudelotii</i> Pierre
Fuma. ....	Af	<i>Ceiba pentandra</i> Gaertn
Geronggang. ....	As	<i>Cratoxylon arborescens</i> Blume
Ilomba. ....	Af	<i>Pycnanthus angolensis</i> Warb.
Jelutong. ....	As	<i>Dyera costulata</i> Hook. f.
Kondroti. ....	Af	<i>Rhodognaphalon brevicuspe</i> Roberty
Koto. ....	Af	<i>Pterygota</i> spp.
Lauan white. ....	As	<i>Pentacme</i> spp.
Limba. ....	Af	<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels
Machang. ....	As	<i>Mangifera</i> spp.
Marupa. ....	Am	<i>Simaruba</i> spp.
Obeche. ....	Af	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.
Ohia. ....	Af	<i>Celtis</i> spp.
Onzabili. ....	Af	<i>Antrocaryon klaineum</i> Pierre
Pulai. ....	As	<i>Alstonia</i> spp.
Punah. ....	As	<i>Tetramerista glabra</i> Miq.
Ramin. ....	As	<i>Gonystylus</i> spp.
Sesendok. ....	As	<i>Endospermum</i> spp.
Virola. ....	Am	<i>Virola</i> spp.

\* ATIBT - Association Technique Internationale des Bois Tropicaux.

En los capítulos siguientes, estudiaremos sucesivamente : los productos protectores de la madera y los sistemas de aplicación. A continuación pasaremos revista a los problemas que se plantean para las diferentes utilizaciones de la madera (carpintería, rollizos...) y las medidas preventivas que de ellos se deriven.



### 3.1. PRODUCTOS PROTECTORES DE LA MADERA PUESTA EN OBRA

Los productos protectores para la madera puesta en obra, que en el momento actual existen en el mercado son, en su gran mayoría, productos concebidos y fabricados para la protección de la madera utilizada en clima templado, donde las condiciones para su conservación son mejores que en los países tropicales. No es en absoluto cierto, que un producto eficaz en Francia lo sea igualmente en Gabón o en Côte-d'Ivoire, ni que se pueda utilizar a las mismas dosis. Experiencias desdichadas han mostrado que no era prudente querer introducir en zonas tropicales y sin tomar ninguna precaución, formulas estudiadas para Europa Occidental (desaciertos similares se han producido para los productos destinados a la protección de la madera en rollo en el monte). Es más razonable creer que, debido a las condiciones climáticas locales mucho más duras, gran número de productos comerciales no comunicarán a la madera una protección adecuada durante suficiente tiempo.

Por este motivo, es necesario tener mucho cuidado a la hora de elegir un producto protector y, es más aconsejable para el posible usuario fiarse más de las conclusiones y recomendaciones de los Centros Oficiales especializados que de los anuncios y otras informaciones de carácter publicitario. Es importante subrayar que el interés que cada país tendrá en establecer, no solamente un procedimiento de homologación de los protectores fundado sobre una experimentación adecuada, sino también normativas que tengan en cuenta el binomio « producto forma de aplicación », en relación con el binomio « uso especie ». A este respecto, nada impide pensar que podría haber un acuerdo entre los Estados implicados para el establecimiento de dichos procedimientos y normativas.

Los productos de protección de madera actuales se clasifican en cuatro categorías : productos orgánicos naturales, productos de síntesis en solución orgánica, productos de síntesis hidrodispersables y sales generalmente hidrosolubles.

#### 3.1.1. Propiedades que debe tener un producto protector de madera

Debe cumplir un cierto número de condiciones esenciales :

- ser eficaz contra los agentes destructores de la madera (hongos, insectos de madera seca, termitas...) y por tanto ser fungicida e insecticida,
- tener una acción lo más duradera posible, es decir, ser químicamente estable y resistir al envejecimiento, como es el deslavado (por la lluvia, agua de condensación, agua del suelo) y la evaporación (bajo la acción del calor),
- no alterar las propiedades físicas y mecánicas de la madera,
- penetrar convenientemente en la madera, al menos por uno de los sistemas corrientes de tratamiento.

A estas condiciones esenciales e imperativas, hay que añadir otras igualmente importantes :

- que su aplicación no sea peligrosa,
- no comunicar a la madera, si es posible, ningún tipo de toxicidad hacia el hombre o los animales (esta condición es imperativa para la madera de uso en interiores habitados, para la madera utilizada en construcciones ganaderas...),
- no corromper ni convertir en no comestibles las sustancias alimenticias que pueden estar en contacto con madera tratada,
- no aumentar la inflamabilidad ni la combustibilidad de la madera,
- no ser corrosivo para los metales o serlo lo menos posible,
- para los usos en interiores, no comunicar a la madera un olor persistente,
- para las maderas que vayan a utilizarse al natural o barnizadas, no cambiar el color de la madera y ser compatible con la aplicación del barniz,
- para la madera que vaya a pintarse, ser compatible con la pintura.

Cuando haya que elegir un producto protector, habrá que asegurarse, en primer lugar, que se cumplen las cuatro condiciones esenciales. Se tendrá cuidado a continuación de que también se cumplan, en la medida de lo posible, las condiciones « accesorias ».



**TABLA II**  
**Durabilidad natural e impregnabilidad de 150 especies tropicales**

DENOMINACIÓN ATIBT	PROCEDENCIA	NOMBRE CIENTÍFICO	DURABILIDAD NATURAL			IMPRE- GNABILIDAD
			Hongos	Termitas	Lyctus (1)	
Abura . . . . .	Af	<i>Mitragyna</i> spp.	5	5	0	2
Acajou d'Afrique . . . . .	Af	<i>Khaya</i> spp.	3	5	1	3
Afrormosia . . . . .	Af	<i>Pericopsis elatā</i> Van Meeuwen	1	1	1	3
Aiélé . . . . .	Af	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	5	5	1	3
Ako . . . . .	Af	<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch.	5	5	0	1
Akossika . . . . .	Af	<i>Scottellia</i> spp.	5	5	0	1
Alerce . . . . .	Am	<i>Fitzroya cupressoides</i> Johnston	3	—	1	3
Almon . . . . .	As	<i>Shorea almon</i> Foxw.	4	4	0	2
Amarante . . . . .	Am	<i>Peltogyne</i> spp.	2	2	1	3
Andiroba . . . . .	Am	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	4	3	1	3
Andoung . . . . .	Af	<i>Monopetalanthus</i> spp.	5	5	0	2
Aningré . . . . .	Af	<i>Aningeria</i> spp.	5	5	1	1
Avodiré . . . . .	Af	<i>Turraeanthus africana</i> Pellegr.	4	3	1	3
Azobé . . . . .	Af	<i>Lophira alata</i> Banks	1	1	1	3
Bagasse . . . . .	Am	<i>Bagassa</i> spp.	1	1	1	3
Balau . . . . .	As	<i>Shorea</i> spp., section <i>Eushorea</i>	1	1	1	3
Balau Red . . . . .	As	<i>Shorea</i> spp., section <i>Rubroshorea</i>	3	3	1	3
Basralocus . . . . .	Am	<i>Dicorynia guianensis</i> Amsh.	3	2	1	3
Benuang . . . . .	As	<i>Octomeles sumatrana</i> Miq.	5	5	0	2
Bilinga . . . . .	Af	<i>Nauclea diderrichii</i> Merrill	1	1	1	2
Billian . . . . .	As	<i>Eusideroxylon zwageri</i> Teijsm. & Binn.	1	1	1	3
Bintangor . . . . .	As	<i>Calophyllum</i> spp.	3	3	1	3
Bomanga . . . . .	Af	<i>Brachystegia</i> spp.	3	3	1	3
Bossé . . . . .	Af	<i>Guarea</i> spp.	2	3	1	3
Bubinga . . . . .	Af	<i>Guibourtia</i> spp.	1	1	1	3
Cedro . . . . .	Am	<i>Cedrela</i> spp.	3	3	1	3
Chengal . . . . .	As	<i>Balanocarpus heimii</i> King	1	1	1	3
Coïgue . . . . .	Am	<i>Nothofagus dombeyi</i> Bl.	4	—	1	3

(1) Ver página 51.



**TABLA II (continuación)**  
**Durabilidad natural e impregnabilidad de 150 especies tropicales**

DENOMINACIÓN ATIBT	PROCEDENCIA	NOMBRE CIENTÍFICO	DURABILIDAD NATURAL			IMPRE- GNABILIDAD
			Hongos	Termitas	Lyctus (1)	
Congotali . . . . .	Af	<i>Letestua durissima</i> H. Lec.	1	1	1	3
Couratari . . . . .	Am	<i>Couratari</i> spp.	4	3	1	3
Courbaril . . . . .	Am	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	2	2	1	3
Dabéma . . . . .	Af	<i>Piptadeniastrum africanum</i> Brenan	3	2	1	3
Dibétou . . . . .	Af	<i>Lovoa</i> spp.	3	4	1	2-3
Difou . . . . .	Af	<i>Morus mesozygia</i> Stapf.	1	1	1	3
Doussié . . . . .	Af	<i>Azelia</i> spp.	1	1	1	3
Duabanga . . . . .	As	<i>Duabanga moluccana</i> Bl.	5	5	0	2
Ebiara . . . . .	Af	<i>Berlinia</i> spp.	3	3	1	3
Ekaba . . . . .	Af	<i>Tetraberlinia</i> spp.	4	5	1	2
Ekoune . . . . .	Af	<i>Coelocaryon preussii</i> Warb.	5	5	0	1
Emien . . . . .	Af	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	5	5	0	1
Essessang . . . . .	Af	<i>Ricinodendron heudelotii</i> Pierre	5	5	0	1
Eyong . . . . .	Af	<i>Eribroma oblonga</i> Bod.	4	4	1	3
Eyoum . . . . .	Af	<i>Dialium</i> spp.	1	1	1	3
Faro . . . . .	Af	<i>Daniellia</i> spp.	5	5	1	2
Framiré . . . . .	Af	<i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev.	3	4	1	2
Fuma . . . . .	Af	<i>Ceiba pentandra</i> Gaertn.	5	5	0	1
Geronggang . . . . .	As	<i>Cratoxylon arborescens</i> Blume	5	5	0	2
Gommier . . . . .	Am	<i>Dacryodes excelsa</i> Vahl.	4	4	1	3
Gonfolo . . . . .	Am	<i>Qualea</i> spp.	3	3	1	1-2
Goupi . . . . .	Am	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	2	2	1	2
Greenheart . . . . .	Am	<i>Ocotea rodiaei</i> Mez	1	1	1	3
Iatandza . . . . .	Af	<i>Albizia ferruginea</i> Benth.	2	2	1	3
Igaganga . . . . .	Af	<i>Dacryodes igaganga</i> Aub. & Pellegr.	4	5	1	3
Ilomba . . . . .	Af	<i>Pycnanthus angolensis</i> Warb.	5	5	0	1
Inga . . . . .	Am	<i>Inga</i> spp.	4	4	1	3
Ipé . . . . .	Am	<i>Tabebuia</i> spp.	1	1	1	3
Iroko . . . . .	Af	<i>Chlorophora excelsa</i> Benth. & Hook. f.	2	2	1	3
Izombé . . . . .	Af	<i>Testulea gabonensis</i> Pell.	2-3	2	1	3

(1) Ver página 51.



**TABLA II (continuación)**  
**Durabilidad natural e impregnabilidad de 150 especies tropicales**

DENOMINACIÓN ATIBT	PROCEDENCIA	NOMBRE CIENTÍFICO	DURABILIDAD NATURAL			IMPRE- GNABILIDAD
			Hongos	Termitas	Lyctus (1)	
Jaboty . . . . .	Am	<i>Erismia Uncinatum</i> Warm.	2	4	1	3
Jelutong . . . . .	As	<i>Dyera costulata</i> Hook. f.	5	5	0	1
Jequitiba . . . . .	Am	<i>Cariniana</i> spp.	3	1	1	3
Kanda . . . . .	Af	<i>Beilschmiedia</i> spp.	1-2	1	1	3
Kapur . . . . .	As	<i>Dryobalanops</i> spp.	1-2	2	1	3
Kasai . . . . .	As	<i>Pometia pinnata</i> Forst.	4	3	0	3
Kempas . . . . .	As	<i>Koompassia malaccensis</i> Maing.	3	4	1	1
Keruing . . . . .	As	<i>Dipterocarpus</i> spp.	3	3	1	2-3
Kondroti . . . . .	Af	<i>Rhodognaphalon brevicuspe</i> Roberty	5	5	0	1
Kosipo . . . . .	Af	<i>Entandrophragma candollei</i> Harms	3	3	1	3
Kotibé . . . . .	Af	<i>Nesogordonia</i> spp.	2	1	1	3
Koto . . . . .	Af	<i>Pterygota</i> spp.	5	5	0	1
Landa . . . . .	Af	<i>Erythroxylum mannii</i> Oliv.	1	1	1	3
Lati . . . . .	Af	<i>Amphimas</i> spp.	4	3	0	1
Lauan Red . . . . .	As	<i>Shorea</i> spp., section <i>Rubroshorea</i>	4	3	1	3
Lauan White . . . . .	As	<i>Parashorea</i> spp. + <i>Pentacme</i> spp.	5	5	0	2
Lauan Yellow . . . . .	As	<i>Shorea</i> spp., des sections <i>Anthoshorea</i> et <i>Richetia</i>	4	3	0	3
Limba . . . . .	Af	<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	5	5	0	1-2
Limballi . . . . .	Af	<i>Gilbertiodendron</i> spp.	2	3	1	3
Longhi . . . . .	Af	<i>Gambeya</i> spp.	4	3	1	2
Lotofa . . . . .	Af	<i>Sterculia rhinopetala</i> K. Schum	3	3	1	3
Louro Vermelho . . . . .	Am	<i>Ocotea rubra</i> Mez.	2	2	1	3
Maçaranduba . . . . .	Am	<i>Manilkara bidentata</i> A. Chev.	1	1	1	3
Machang . . . . .	As	<i>Mangifera</i> spp.	4	5	0	1
Mahogany . . . . .	Am	<i>Swietenia macrophylla</i> King	3	5	1	3
Makoré . . . . .	Af	<i>Tieghemella heckelii</i> Pierre	1	1	1	3
Manbarklak . . . . .	Am	<i>Eschweilera</i> spp.	1	1	1	3
Manil . . . . .	Am	<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	3	3	1	3
Mansonía . . . . .	Af	<i>Mansonía altissima</i> A. Chev.	2	1	1	3

(1) Ver página 51.



**TABLA II (continuación)**  
**Durabilidad natural e impregnabilidad de 150 especies tropicales**

DENOMINACIÓN ATIBT	PROCEDENCIA	NOMBRE CIENTÍFICO	DURABILIDAD NATURAL			IMPRE- GNABILIDAD
			Hongos	Termitas	Lyctus (1)	
Marupa . . . . .	Am	<i>Simaruba</i> spp.	5	5	0	1
Mayapis . . . . .	As	<i>Shorea squamata</i> Dyer	3-4	4	1	3
Medang . . . . .	As	<i>Dehaasia</i> spp.	5	5	0	3
Mengkulang . . . . .	As	<i>Tarrietia</i> spp.	4	5	1	2-3
Meranti Bakau . . . . .	As	<i>Shorea rugosa</i> Sym.	3	—	1	3
Meranti Dark Red . . . . .	As	<i>Shorea</i> spp., section <i>Rubroshorea</i>	3	3	1	3
Meranti Light Red . . . . .	As	<i>Shorea</i> spp., section <i>Rubroshorea</i>	4	4	1	3
Meranti Red . . . . .	As	<i>Shorea</i> spp., section <i>Rubroshorea</i>	4	4	1	3
Meranti White . . . . .	As	<i>Shorea</i> spp., section <i>Anthoshorea</i>	4	4	0	2
Meranti Yellow . . . . .	As	<i>Shorea</i> spp., section <i>Richetia</i>	4	4	0	3
Merawan . . . . .	As	<i>Hopea</i> spp.	2-3	3	0	3
Merbau . . . . .	As	<i>Intsia</i> spp.	1-2	1	1	3
Mersawa . . . . .	As	<i>Anisoptera</i> spp.	2	3	1	3
Moabi . . . . .	Af	<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre	1	1	1	3
Movingui . . . . .	Af	<i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill.	2	3	1	2-3
Mukulungu . . . . .	Af	<i>Autranella congolensis</i> A. Chev.	1	1	1	3
Muninga . . . . .	Af	<i>Pterocarpus angolensis</i> DC.	1	1	1	2-3
Naga . . . . .	Af	<i>Brachystegia</i> spp.	4	3	1	3
Niangon . . . . .	Af	<i>Tarrietia</i> spp.	3	3	1	3
Niové . . . . .	Af	<i>Staudtia stipitata</i> Warb.	1	1	1	3
Nyatoh . . . . .	As	<i>Palaquium</i> spp.	4	3	1	3
Obeche . . . . .	Af	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.	5	5	0	2-3
Oboto . . . . .	Af	<i>Mammea africana</i> Sabine	1	1	1	3
Ohia . . . . .	Af	<i>Celtis</i> spp.	5	5	0	1
Okan . . . . .	Af	<i>Cylicodiscus gabunensis</i> Harms	1	1	1	3
Okoumé . . . . .	Af	<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	4	5	1	3
Olon . . . . .	Af	<i>Fagara heitzii</i> Aubrev. & Pellegr.	4	3	1	3
Onzabili . . . . .	Af	<i>Antrocaryon klaineanum</i> Pierre	5	5	0	2
Ovèngkol . . . . .	Af	<i>Guibourtia ehie</i> J. Léonard	2	2	1	3
Ovoga . . . . .	Af	<i>Poga oleosa</i> Pierre	4	5	1	1

(1) Ver página 51.



**TABLA II (continuación)**  
**Durabilidad natural e impregnabilidad de 150 especies tropicales**

DENOMINACIÓN ATIBT	PROCEDENCIA	NOMBRE CIENTÍFICO	DURABILIDAD NATURAL			IMPRE- GNABILIDAD
			Hongos	Termitas	Lyctus (1)	
Ozigo	Af	<i>Dacryodes buettneri</i> H. J. Lam.	4	5	1	3
Padauk	As	<i>Pterocarpus</i> spp.	1	1	1	3
Padouk	Af	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	1	1	1	2
Parcouri	Am	<i>Platonia insignis</i> Mart.	2	2	1	3
Peroba de Campos	Am	<i>Paratecoma peroba</i> Kuhlman.	2	2	1	3
Pulai	As	<i>Alstonia</i> spp.	5	5	0	1
Punah	As	<i>Tetramerista glabra</i> Miq.	4	4	0	3
Pyinkado	As	<i>Xylia</i> spp.	1	1	1	3
Quaruba	Am	<i>Vochysia</i> spp.	4	5	1	2
Ramin	As	<i>Gonystylus</i> spp.	5	5	0	1
Rengas	As	<i>Gluta</i> spp. et <i>Melanorrhoea</i> spp.	4	3	1	3
Resak	As	<i>Vatica</i> spp.	4	3	1	3
Safukala	Af	<i>Dacryodes</i> spp.	4	2	1	3
Saint-Martin rouge	Am	<i>Andira</i> spp.	2	2	1	3
Sapelli	Af	<i>Entandrophragma cylindricum</i> Sprague	3	2	1	3
Sepetir	As	<i>Sindora</i> spp.	4	4	0	3
Seraya White	As	<i>Parashorea</i> spp.	4	5	0	3
Sesendok	As	<i>Endospermum</i> spp.	5	5	0	1
Sipo	Af	<i>Entandrophragma utile</i> Sprague	3	2	1	3
Sougué	Af	<i>Parinari</i> spp.	4	1	1	1
Sucupira	Am	<i>Diploptropis purpurea</i> Amsh.	1	1	1	3
Tali	Af	<i>Erythrophleum</i> spp.	1	1	1	3
Tchitola	Af	<i>Oxystigma oxyphyllum</i> J. Léonard	3	2	1	3
Teak	As	<i>Tectona grandis</i> L. f.	1	1	1	3
Tepa	Am	<i>Laurelia philippiana</i> Looser	5	5	—	1
Thitka	As	<i>Pentace</i> spp.	3-4	3	1	3
Tiama	Af	<i>Entandrophragma angolense</i> C. DC.	4	5	1	2
Tola	Af	<i>Gossweilerodendron balsamiferum</i> Harms	3	4	1	2
Virola	Am	<i>Virola</i> spp.	5	5	0	1
Wacapou	Am	<i>Vouacapoua americana</i> Aubl.	1	1	1	3
Walaba	Am	<i>Eperua</i> spp.	1	1	1	3
Wengé	Af	<i>Milletia</i> spp.	1	1	1	3

**RESISTENCIA A LOS HONGOS**

- 1 : maderas muy durables
- 2 : maderas de durables a muy durables
- 3 : maderas durables
- 4 : maderas medianamente durables
- 5 : maderas poco o nada durables

**RESISTENCIA A LAS TERMITAS**

- 1 : maderas muy resistentes
- 2 : maderas resistentes
- 3 : maderas medianamente resistentes
- 4 : maderas poco resistentes
- 5 : maderas nada resistentes

**RESISTENCIA A LOS LYCTUS**

- 1 : maderas no atacables
- 0 : maderas atacables

**IMPREGNABILIDAD**

- 1 : maderas impregnables
- 2 : maderas medianamente impregnables
- 3 : maderas poco o nada impregnables

(1) Las condiciones de vulnerabilidad al ataque de los Lyctus, que se indican en esta tabla conciernen exclusivamente al duramen y no a la albura, ya que, en general, esta debe considerarse como atacable por los Lyctus.



**TABLA II BIS**  
**Durabilidad natural e impregnabilidad de algunas especies de plantación**  
**(para las leyendas dirigirse al final de la Tabla II)**

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	DURABILIDAD			IMPRE- GNABILIDAD
		Hongos	Termitas	Otros insectos de madera seca	
Acajou du Sénégal . . . . .	<i>Khaya senegalensis</i>	3	1	1	1
Albizia . . . . .	<i>Paraserianthes falcataria</i>	5	4	0	2
Albizia . . . . .	<i>Albizia lebbek</i>	4	4	1	2
Araucaria . . . . .	<i>Araucaria cunninghamii</i>	5	5	0	2
Araucaria . . . . .	<i>Araucaria hunsteinii</i>	5	5	0	2
Bouleau d'Afrique . . . . .	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	2	2	1	—
Cad . . . . .	<i>Acacia albida</i>	5	5	0	—
Cassia du Siam . . . . .	<i>Cassia siamea</i>	2	2	1	3
Cedrela . . . . .	<i>Cedrela odorata</i>	3	4	1	3
Cocotier (zone externe du stipe) . . . . .	<i>Cocos nucifera</i>	2	1	1	3
Cordia . . . . .	<i>Cordia alliodora</i>	3	3	—	3
Cyprés . . . . .	<i>Cupressus lusitanica</i>	3	3	—	1-2
Cyprés . . . . .	<i>Cupressus sempervirens</i>	3	3	—	1-2
Dattier . . . . .	<i>Phoenix dactylifera</i>	1	1	1	3
Doum . . . . .	<i>Hyphoaeae thebaïca</i>	1	1	1	3
Eucalyptus . . . . .	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	2-3	3	1	3
Eucalyptus . . . . .	<i>Eucalyptus citriodora</i>	2	2	1	3
Eucalyptus . . . . .	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	1	1	1	3
Eucalyptus . . . . .	<i>Eucalyptus paniculata</i>	2	2	1	3



**TABLA II (continuación)**  
**Durabilidad natural e impregnabilidad de algunas especies de plantación**  
**(para las leyendas dirigirse al final de la Tabla II)**

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	DURABILIDAD			IMPRE- GNABILIDAD
		Hongos	Termitas	Otros insectos de madera seca	
Eucalyptus . . . . .	<i>Eucalyptus pellita</i>	2-3	3	1	3
Eucalyptus . . . . .	<i>Eucalyptus pilularis</i>	1-2	2	1	3
Eucalyptus . . . . .	<i>Eucalyptus saligna</i>	4	3	1	3
Eucalyptus . . . . .	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	2-3	4	1	3
Filao . . . . .	<i>Casuarina equisetifolia</i>	4	2	1	3
Gmelina . . . . .	<i>Gmelina arborea</i>	4	4	0	2
Gonakié . . . . .	<i>Acacia nilotica</i>	2-3	3	1	3
Grevillea . . . . .	<i>Grevillea robusta</i>	4	4	0	2
Hévéa . . . . .	<i>Hevea brasiliensis</i>	5	5	0	3
Neem . . . . .	<i>Azadirachta indica</i>	2	2	1	3
Pin des Caraïbes . . . . .	<i>Pinus caribaea</i>	3-4	3	1	2
Pin . . . . .	<i>Pinus elliottii</i>	4	4	1	1
Pin . . . . .	<i>Pinus kesiya</i>	4	4	—	2
Pin . . . . .	<i>Pinus merkusii</i>	5	5	—	2
Pin . . . . .	<i>Pinus oocarpa</i>	3-4	3	1	2
Pin . . . . .	<i>Pinus patula</i>	5	5	0	1
Prosopis . . . . .	<i>Prosopis africana</i>	1	1	1	3
Prosopis . . . . .	<i>Prosopis cineraria</i>	1	1	1	3
Prosopis . . . . .	<i>Prosopis juliflora</i>	1	1	1	3
Rônier . . . . .	<i>Borassus aethiopium</i>	1	1	1	3



### 3.1.2. Diferentes tipos de productos protectores

#### 3.1.2.1. Productos orgánicos naturales

Los productos orgánicos naturales están representados esencialmente por los productos de destilación del alquitrán de hulla : son las **creosotas**. Se caracterizan por tener un color oscuro, un olor fuerte y una viscosidad elevada a temperatura ambiente. Son insecticidas, fungicidas, químicamente muy estables. Su acción protectora es muy duradera, pues resisten sumamente bien tanto al envejecimiento por deslavado como por evaporación.

Poseen por tanto ventajas evidentes. Presentan, sin embargo, algunos inconvenientes : confieren a la madera un color negruzco y un olor característico y persistente. Estos inconvenientes son los que limitan el empleo de las creosotas al tratamiento de madera que vaya a utilizarse al aire libre (quién desearía utilizar en un local habitado maderas tratadas con creosota ?).

Las creosotas poseen también otro inconveniente : si se aplicaran a la madera por una simple inmersión o por pincelado, su alta viscosidad no les permitiría penetrar en profundidad en la madera. Por todo ello, estos productos se reservan exclusivamente para el tratamiento de impregnación a presión, tal como lo explicaremos en el capítulo siguiente, y que requiere una inversión importante que sólo puede realizar una empresa fuerte.

#### 3.1.2.2. Productos de síntesis en disolvente orgánico

Estos productos son formulaciones comerciales elaboradas que contienen, por una parte, principios activos fungicidas e insecticidas, y por otra, elementos llamados coadyuvantes que influyen sobre diferentes propiedades del formulado y fundamentalmente sobre su penetrabilidad y fijación en la madera. Todos estos productos se presentan disueltos en un disolvente orgánico.

Existen, naturalmente, numerosos fungicidas de síntesis, pero el más utilizado en el campo de la protección de maderas es indiscutiblemente el **pentaclorofenol**.

El insecticida más habitual es el **lindano** que presenta la doble ventaja de ser muy eficaz contra los insectos y ser muy poco tóxico hacia el hombre y los animales domésticos.

La mayoría de los formulados comerciales se fabrican a partir de los mismos principios activos, por lo que el lector podría pensar que la elaboración de un producto no plantea ningún problema, que bastará con disolver un poco de pentaclorofenol y de lindano en un disolvente cualquiera para obtener un producto válido. Cometería en ese caso un grave error. La puesta a punto de un buen producto que responda a las condiciones esenciales enumeradas en el párrafo 3.1.1. es, en efecto, un trabajo de químicos especializados. Las diferencias de calidad que se pueden observar entre productos que contienen los mismos principios activos y a la misma concentración, vienen determinadas por los coadyuvantes y es de la elección juiciosa de estos, de la que depende el valor de un producto, y a veces su precio.

Entre los productos de síntesis en solución orgánica, se pueden distinguir :

- Productos ligeros e incoloros o poco coloreados, que no modifican el aspecto ni el color de la madera, permitiendo su pintado o barnizado, inodoro o con olores fugaces, y que pueden utilizarse sin inconvenientes para el tratamiento de carpinterías interiores y muebles.
- Productos más pesados, más coloreados, más baratos por estar elaborados con disolventes menos caros y adecuados para el tratamiento de maderas que no vayan a recibir ningún tipo de acabado (carpintería de armar). Es necesario, sin embargo, advertir al posible utilizador de estos productos que, si las maderas tratadas con dichos formulados están en contacto con un material poroso como la escayola (como puede ser el caso de pilares y vigas), se corre el riesgo de que se produzca una filtración lenta del disolvente orgánico en el material poroso, manchándolo de forma definitiva.

Es conveniente hacer resaltar la ventaja que presentan ciertos productos concentrados, cuya puesta en obra en países tropicales no requiere más que una dilución en el o los solventes adecuados que se encuentran normalmente sobre el terreno. Es evidente que el coste de un litro de producto listo para el empleo, resulta en ese caso inferior al del mismo producto si se hubiera importado en forma de utilización directa. **El usuario de un producto concentrado deberá obligatoriamente :**

- respetar la dilución preconizada por el fabricante, que deberá estar de acuerdo con la suministrada por los organismos oficiales competentes de homologación o de control,
- utilizar el o los disolventes recomendados por el fabricante.



**Observación :** Se ha notado, sin embargo, desde hace algunos años, una tendencia a la eliminación de los biocidas organoclorados y su sustitución por nuevas moléculas, debido al desprestigio, e incluso prohibición en ciertos países, del pentaclorofenol y del lindano. Esto ha creado ciertas dificultades de orden técnico (los nuevos biocidas son, en general, más selectivos que el PCP o el lindano), y de orden económico (los nuevos biocidas son netamente más caros).

### 3.1.2.3. Productos de síntesis hidrodispersables

El precio del disolvente representa aproximadamente el 70% del precio de todos los productos que intervienen en un protector de síntesis en disolvente orgánico clásico. Para hacer frente a la crisis del petróleo, los fabricantes de protectores se han orientado, desde 1981, a sacar al mercado nuevas formulaciones en las que el vehículo de los principios activos no sea un disolvente derivado del petróleo, como el agua.

Un producto de síntesis hidrodispersable comprende :

- biocidas (fungicidas e insecticidas)
- un solvente orgánico
- resinas
- un emulgente
- y otros coadyuvantes.

Es por tanto un producto en solución orgánica concebido para ser emulsionado en agua, el disolvente menos caro que pueda existir.

Es todavía demasiado pronto para sacar conclusiones sobre las prestaciones de las maderas tratadas con este tipo de formulados, y particularmente sobre su aptitud a penetrar en la madera (a este respecto, la humedad de la madera en el momento del tratamiento debe tener una gran influencia sobre la profundidad de penetración de los biocidas).

Sin embargo, los primeros ensayos de laboratorio han mostrado que los productos de síntesis hidrodispersables bien estudiados, podrían rivalizar con los productos de síntesis en disolvente orgánico.

### 3.1.2.4. Productos en forma de sales

Los productos comerciales de esta categoría están constituidos por mezclas más o menos complejas de diversas sales minerales solubles en agua (**sales de cromo, cobre, arsénico, boro, flúor**). El hecho de que estas formulaciones comerciales sean solubles en agua, podría hacer temer que fueran rápidamente eliminadas de la madera por la acción del agua de lluvia o de condensación. Si esto es cierto para algunas, que deben reservarse para el tratamiento de maderas que nunca vayan a estar a la intemperie, no ocurre lo mismo con otras, cuyos componentes, una vez dentro de la madera, reaccionan entre sí formando productos complejos insolubles o poco solubles y que, por tanto, resisten bien a la acción del agua.

Cuáles son las **ventajas** de estos productos ?

Su mayor ventaja es de carácter económico, ya que los países tropicales los importan en forma de polvo o de pasta a disolver en agua antes de su empleo.

Pueden presentar, sin embargo, varios **inconvenientes** :

- El color de la madera se modifica siempre, más o menos, como consecuencia del tratamiento, salvo si se trata de productos incoloros (estos están únicamente representados por las sales de boro) : la madera adquiere una coloración grisverdosa, que si no molesta para las utilidades en que la madera está oculta o pintada, es inaceptable cuando se desea dejar la madera desnuda o barnizada.
- Ciertos productos (que, por otra parte, poseen muy buena eficacia fungicida e insecticida, y resisten muy bien el envejecimiento por deslavado o evaporación) contienen, en gran proporción, compuestos de arsénico muy tóxicos respecto del hombre y los animales domésticos. Inicialmente, estos productos estaban destinados a los tratamientos de maderas de coníferas en los que se fijan de una forma casi absoluta y no corren el riesgo, por tanto, de ser arrastrados al medio ambiente. Esta fijación no es siempre tan completa con la madera de frondosas, por lo que la prudencia aconseja que estos productos sean excluidos absolutamente del tratamiento de maderas destinadas al acondicionamiento interior de locales habitados, de construcciones ganaderas, tiendas de productos alimentarios, etc. Cuando se utilicen, la mano de obra que los manipule deberá estar provista de los equipos de protección personal necesarios (mascarillas, monos, guantes...) y mantener una vigilancia médica regular.



Se tiene la costumbre de clasificar los protectores en forma de sales en dos categorías :

- productos de fijación débil o lenta, que se pueden aplicar bien por inmersión prolongada (sobre madera verde), bien por tratamiento a presión (sobre madera seca al aire),
- productos de fijación fuerte y rápida que sólo se pueden aplicar mediante tratamiento a presión.

Experiencias recientes han mostrado que se podían tratar convenientemente algunas especies muy permeables por inmersión prolongada en soluciones de producto de fijación fuerte y rápida, resultados que se opondrían a la clasificación anteriormente expuesta. Pero hay que mostrarse muy prudente y esperar otras experiencias para poder establecer un juicio general sobre la cuestión.

**Observación 1 :** Hemos evocado en este apartado el problema de la toxicidad de ciertos productos comerciales que contienen compuestos de arsénico y las precauciones a tomar para su manipulación y la de las maderas tratadas. Nos parece indispensable plantear aquí la cuestión siguiente : « Qué hacer con las maderas de deshecho tratadas con productos de este tipo ? » En el momento actual, no se ha encontrado ningún procedimiento satisfactorio para la destrucción de este material. Únicamente sería válida la creación de centros especiales donde se quemaran estas maderas con recuperación de los productos tóxicos, pero no creemos que esta solución sea inmediata. No daremos, por tanto, al artesano o al campesino más que un consejo : no se debe, en ningún caso, quemar los restos de maderas tratadas con productos que contengan compuestos de arsénico y, menos todavía, utilizarlos en chimeneas. Esto podría ocasionar graves intoxicaciones.

**Observación 2 :** Antes de finalizar el apartado correspondiente a los productos protectores, nos parece importante nombrar a los **protectores decorativos** (lasures). Un protector decorativo con propiedades biocidas es un producto de protección superficial de la madera (consta de pigmentos, uno o dos principios biocidas, y diversos coadyuvantes), que no necesita imprimación previa, sino que se aplica directamente sobre la madera, en dos o tres capas sucesivas (siguiendo las prescripciones del fabricante). La concepción de estos productos conduce a un mantenimiento relativamente simple, eliminación del polvo y aplicación de una o varias nuevas capas de producto. En contrapartida, su vida útil es inferior a la de las pinturas.

Los protectores decorativos protegen fundamentalmente la madera contra los hongos cromógenos de madera puesta en obra y contra los insectos.

### 3.1.3. Conclusión

Cuando un artesano o un industrial desea tratar la madera que se va a poner en obra, encuentra en el mercado un gran número de productos y si no está familiarizado con los problemas de la protección de maderas, es probable que encuentre dificultades para elegir juiciosamente el producto más adecuado técnica y económicamente. Únicamente se le puede aconsejar que acuda a los centros de investigación competentes que son los únicos que podrán darle informaciones objetivas sobre el valor de los productos, su forma de aplicación...

### 3.1.4. Resumen

Cuando se quiere poner en obra una madera, hay que considerar previamente dos aspectos del problema :

- cuáles son los riesgos de ataque a los que va a estar sometida la madera ?
- la durabilidad de esa especie, es suficiente para que la madera resista por sí misma los posibles ataques sin tratamiento químico ?

Para esta última pregunta, no existen más que dos respuestas :

- o bien, la madera es naturalmente resistente y no existen problemas de protección,
- o bien, no lo es, y por consiguiente hay que prever la aplicación de un tratamiento.

En este último caso, nos encontramos frente a otro problema : la elección del producto. Hay que saber que existen cuatro categorías bien diferenciadas de productos protectores.



□ **Productos orgánicos naturales o creosotas**, que se caracterizan por tener un color oscuro, un olor fuerte, una viscosidad elevada a temperatura ambiente; las creosotas son insecticidas, fungicidas y muy resistentes al envejecimiento por deslavado y evaporación. Sus mayores inconvenientes? Comunican a la madera un color negruzco y un olor característico que impide su empleo en locales habitados. Su aplicación requiere unas instalaciones bastante costosas.

□ **Productos de síntesis en solución orgánica**, que son formulados comerciales, que contienen, por una parte, principios activos fungicidas e insecticidas, y por otra, elementos llamados coadyuvantes que influyen principalmente en la penetrabilidad y fijación de los principios activos. Pueden clasificarse en dos categorías:

- Productos «ligeros» incoloros o ligeramente coloreados, que no modifican el aspecto ni el color de la madera, inodoros o de olor fugaz y que pueden utilizarse para el tratamiento de la carpintería interior y de los muebles,
- Productos «pesados», coloreados, más adecuados para el tratamiento de maderas que no vayan a recibir ningún acabado (estructuras...).

□ **Productos de síntesis hidrodispersables**, que son formulaciones en disolvente orgánico (que contienen biocidas, resinas, un emulgente y diversos coadyuvantes), destinados a emulsionarse en agua.

□ **Productos en forma de sales**, que están constituidos por mezclas de diferentes productos minerales hidrosolubles, poseen generalmente una buena eficacia insecticida y fungicida, tienen una resistencia variable al deslavado por el agua de lluvia. Estos productos pueden presentar dos inconvenientes:

- el color de la madera se vé más o menos modificado después del tratamiento (color grisverdoso),
- algunas formulaciones que contienen sales de arsénico son tóxicas respecto del hombre y de los animales domésticos. Aunque estos formulados poseen un buen poder de fijación a la madera, la prudencia aconseja que sean excluidos del tratamiento de maderas destinadas a usos en el interior de locales habitados, construcciones ganaderas, tiendas de productos alimentarios, etc.

### 3.2. METODOS DE TRATAMIENTO

Si la elección de un producto protector es la primera condición para proteger convenientemente una madera de durabilidad natural insuficiente, el del método de tratamiento, esto es, la forma de aplicación del producto es igualmente muy importante. **Ningún producto podrá proporcionar resultados satisfactorios si no está correctamente aplicado.**

El ideal sería hacer penetrar, en toda la masa de la madera, un producto de gran eficacia muy resistente al envejecimiento por deslavado y evaporación, y obtener a la vez dosis suficientes y una distribución homogénea de los principios activos. Lo menos que se puede decir es que este ideal no se consigue con frecuencia. No hay que perder de vista que la persona que quiere tratar una madera se encuentra delante de un problema en el que entran en juego: las propiedades de la madera, la naturaleza del producto protector, y el método de aplicación del producto.

La protección ideal se obtendrá en la medida en que estos factores se combinen de forma armónica, es decir, cuando el producto utilizado sea bueno y el método de aplicación apto para hacer penetrar este último profundamente en la madera. **Es aquí donde interviene el factor impregnabilidad.** La impregnabilidad de una madera es como la dureza, la densidad, la durabilidad natural, etc., una propiedad de la madera, propiedad que indica aproximadamente la facilidad con que una especie se deja penetrar por un líquido. Esta impregnabilidad determina la calidad de la impregnación realizada mediante la aplicación de los tratamientos de protección, calidad variable según la naturaleza de estos tratamientos y los fenómenos de penetración que pongan en juego. Es conveniente, por tanto, en la práctica, teniendo en cuenta el nivel de protección que se desea alcanzar, determinar el procedimiento más adecuado en función de la durabilidad y de la impregnabilidad de la especie considerada. Este procedimiento debe corresponder a la vez a un tipo de producto y a su forma de aplicación. Además, en el interior de una misma especie, el grado de impregnabilidad varía con frecuencia según la parte considerada, duramen o albura, siendo esta última generalmente mucho más permeable a los productos protectores.

Estas consideraciones e igualmente la práctica, muestran que las diferentes maderas se comportan de una manera extremadamente variable. Ciertas especies presentan a la vez una malísima durabilidad natural y una impregnabilidad casi nula, el problema de su buena conservación es insoluble. A la inversa, se encuentran especies de buena resistencia natural y de impregnabilidad excelente, para las cuales se puede alcanzar la protección ideal descrita anteriormente. Entre estos dos extremos se abren todas las posibilidades.

Por este motivo, cuando hay que elegir un método de tratamiento, hay que considerar los puntos siguientes:

- uso de la madera a tratar y riesgos de ataque que corre,



- naturaleza de la madera a tratar (durabilidad natural, impregnabilidad, y **humedad en el momento del tratamiento, esta última condiciona el tipo de producto y el sistema de tratamiento a utilizar**).

Habría sido más lógico abordar el problema de los métodos de aplicación distinguiendo, por una parte los sistemas de tratamiento aplicables a maderas secas al aire, y por otra los que deben aplicarse a maderas húmedas. Pero, puesto que la noción de humedad es una característica variable y continua y que es difícil, « a priori », fijar límites muy precisos a la sequedad o humedad de la madera, hemos preferido conservar la clasificación habitual y distinguir las cuatro categorías siguientes :

- Tratamientos en los que intervienen el vacío y la presión.
- Tratamiento por inmersión.
- Tratamiento por aspersión y pincelado.
- Tratamiento por desplazamiento de savia.

### 3.2.1. Tratamientos en los que intervienen el vacío y la presión

La impregnación a presión tiene por finalidad hacer penetrar en la madera, lo más profundamente posible, los productos protectores utilizados, por tanto, acercarse lo más posible a la protección ideal anteriormente expuesta. El tratamiento se realiza en un autoclave mediante la combinación de vacío y presión y eventualmente de temperatura, según diferentes esquemas que se expondrán más adelante.



**Autoclave industrial para la impregnación profunda de maderas como traviesas de ferrocarril, postes ...**

(Foto Déon).



Al penetrar el líquido en la madera de una forma forzada, sólo podrá hacerlo convenientemente si encuentra espacios libres por donde circular, por lo que la madera debe de estar seca, si no es así, es evidente que el agua contenida en el interior de las células se opondrá a la buena circulación del producto. Por otra parte, puesto que el protector debe empapar bien las paredes celulares para fijarse a ellas convenientemente, es evidente que esto sólo se puede hacer de forma satisfactoria si esas paredes no están saturadas de agua; es un segundo motivo para no impregnar más que maderas secas al aire. Esta obligación es absoluta cuando se utilizan productos orgánicos (creosotas) y lo es menos cuando se utilizan sales.

**Como regla general, los tratamientos a presión deben aplicarse a maderas cuya humedad, en el conjunto de la masa, no pase del 25% para los protectores orgánicos y del 30% para las sales.**

Existen cuatro grandes sistemas de impregnación por vacío y presión :

- Sistema de célula llena.
- Sistema Rüping o de célula vacía.
- Sistema Lowry.
- Sistema de doble vacío.

#### 3.2.1.1. Sistema de célula llena

Consiste en llenar al máximo (hasta rechazo) las células de la madera con el producto protector. Esta técnica preconizada por primera vez en Francia por Bréant (quien la aplicó con productos en solución acuosa) es más conocida bajo el nombre de **sistema Bethell**, pues es este último el que lo aplicó a las creosotas.

Las fases sucesivas de la operación son :

- Introducción de la madera en el cilindro de tratamiento.
- Un periodo de vacío, que tiene por finalidad eliminar la mayor cantidad posible del aire contenido en las células de la madera.
- Introducción, bajo vacío, del protector hasta total llenado del cilindro de tratamiento.
- Un periodo de presión (del orden de 10 a 15 kg/cm<sup>2</sup>) cuya duración depende de la naturaleza de la especie a tratar, de las dimensiones de las piezas de madera y del tipo del producto.
- Vuelta a la presión atmosférica.
- Vaciado completo del cilindro de tratamiento.
- Un periodo de vacío, que tiene por finalidad eliminar el exceso de protector que permanece todavía a presión en el interior de la madera y evitar, particularmente con los protectores orgánicos tipo creosota, una exudación demasiado grande y poco estética de las piezas impregnadas, una vez que se han puesto en servicio.

El sistema Bethell, cuyo diagrama está representado en la figura 2, es el que asegura la penetración de mayor cantidad de producto en el interior de la madera. Es por tanto, el que conlleva el mayor consumo de producto, y para algunas especies muy impregnables, esta forma de tratamiento conduce a retenciones excesivas.

#### 3.2.1.2. Sistema Rüping

Se llama igualmente sistema de célula vacía, pues al contrario que para el sistema Bethell que consiste en llenar las cavidades celulares, el Rüping consiste en no impregnar nada más que las paredes celulares. Se puede comprobar que la ventaja fundamental de este tratamiento reside en la economía de producto. Se utiliza este sistema con preferencia sobre el Bethell para el tratamiento de especies que con este último absorberían cantidades muy superiores a las requeridas para una buena protección.



## BETHELL

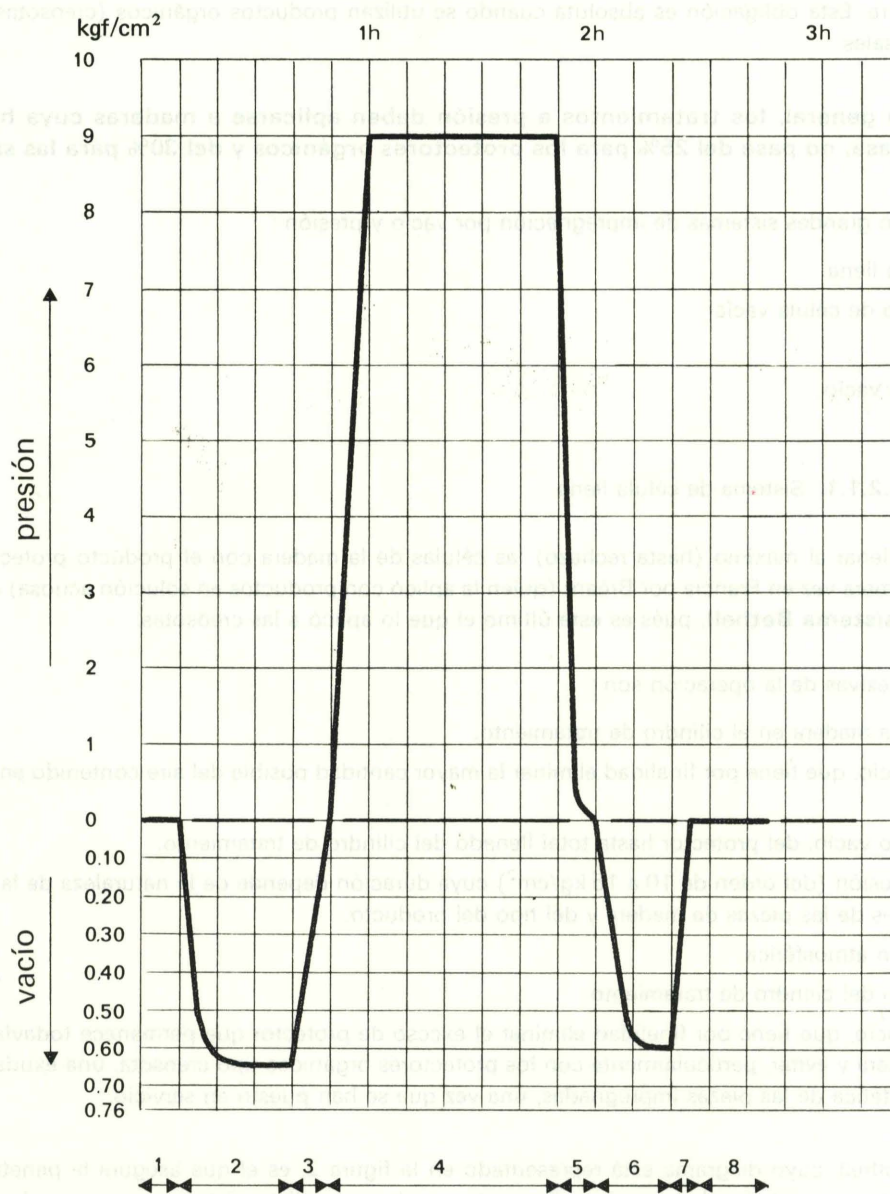


Figura 2

1. Carga del cilindro.
2. Vacío inicial.
3. Llenado del cilindro con el protector.
4. Presión.
5. Vaciado del cilindro.
6. Vacío final.
7. Retorno a la presión atmosférica.
8. Descarga del cilindro.



□ **Rüping simple** (diagrama en la figura 3)

Las fases sucesivas de la operación son :

- Introducción de la madera en el cilindro de tratamiento.
- Periodo de presión (2 a 4 kg/cm<sup>2</sup>) de un cuarto de hora aproximadamente, cuya finalidad es comprimir el aire contenido en las células.
- Introducción del protector a presión constante (el cilindro de alimentación se ha puesto previamente a la misma presión que el de tratamiento).
- Aislamiento del cilindro de tratamiento y mantenimiento de una presión de unos 10 kg/cm<sup>2</sup> que obliga al producto a penetrar en la madera ; se establece entonces, en el interior de las cavidades celulares, un equilibrio entre presión del producto, resistencia del aire en las células y absorción de producto por las paredes celulares. La duración de este período varía con la especie, las dimensiones de las piezas de madera y la naturaleza del producto.
- Vaciado del cilindro de tratamiento, a lo largo del cual, el aire comprimido en el interior de la madera expulsa el excedente de producto (sólo las paredes celulares quedan impregnadas).
- Periodo de vacío final, cuyo interés se ha explicado anteriormente.

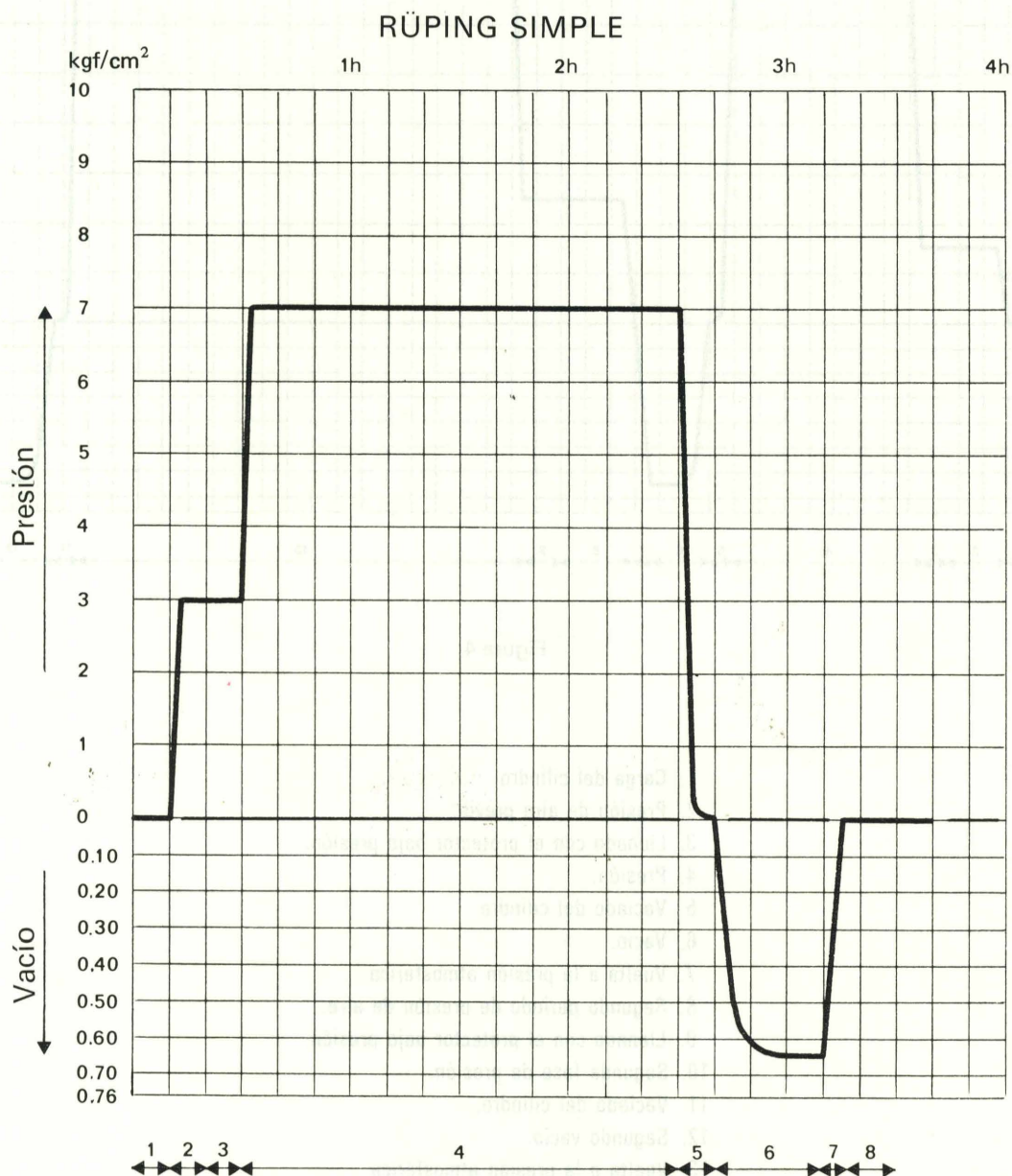


Figura 3

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 1. Carga del cilindro.                    | 5. Vaciado del cilindro.            |
| 2. Presión de aire previa.                | 6. Vacío final.                     |
| 3. Llenado con el protector bajo presión. | 7. Vuelta a la presión atmosférica. |
| 4. Presión.                               | 8. Descarga del cilindro.           |



□ **Rüping Doble** (diagrama en figura 4)

En ciertos casos muy particulares, se utilizará el Rüping doble que consiste en efectuar, después del vacío, una segunda operación similar a la primera en la cual se aplica una presión superior a la primera y durante un tiempo más largo.

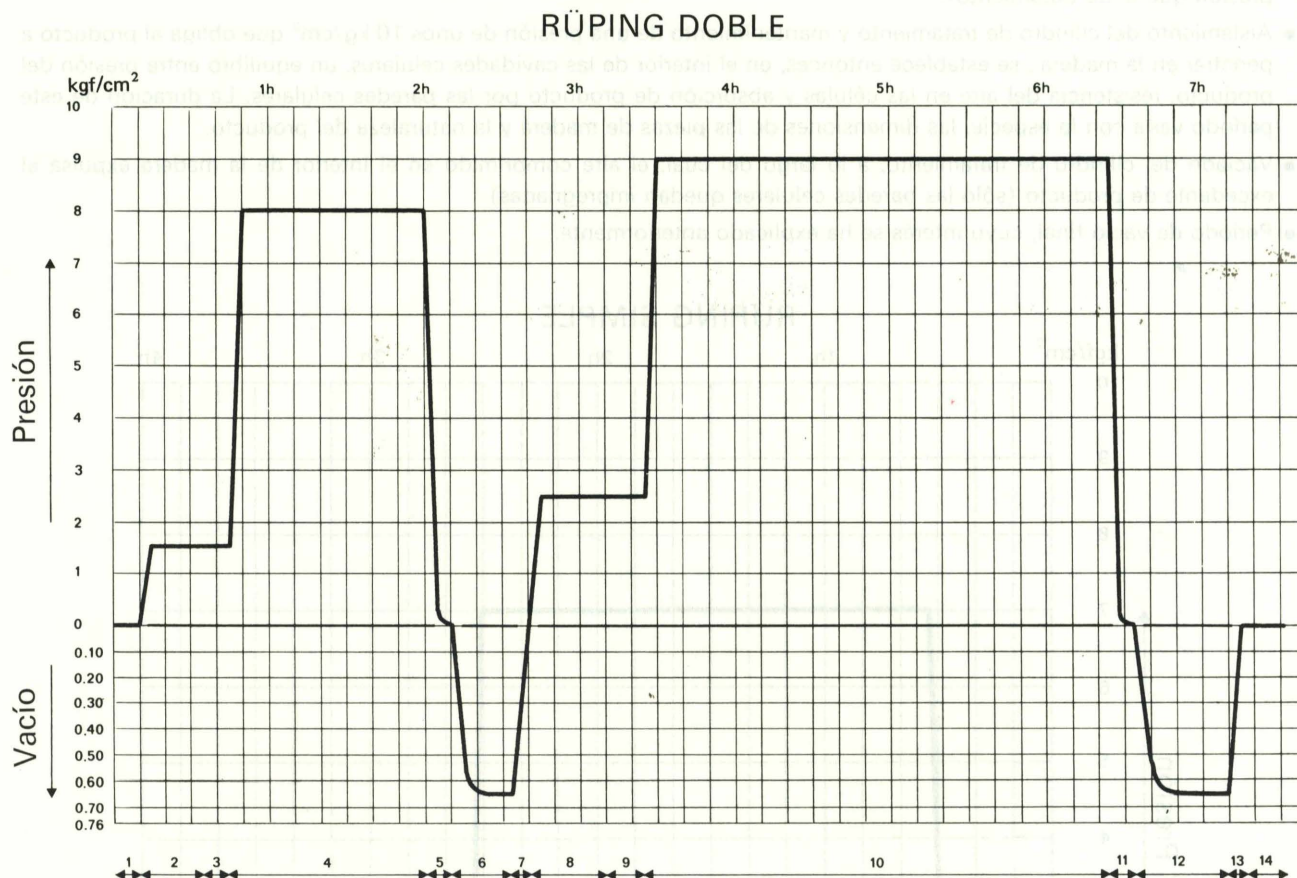


Figura 4

1. Carga del cilindro.
2. Presión de aire previa.
3. Llenado con el protector bajo presión.
4. Presión.
5. Vaciado del cilindro.
6. Vacío.
7. Vuelta a la presión atmosférica.
8. Segundo periodo de presión de aire.
9. Llenado con el protector bajo presión.
10. Segunda fase de presión.
11. Vaciado del cilindro.
12. Segundo vacío.
13. Vuelta a la presión atmosférica.
14. Descarga del cilindro.



### 3.2.1.3. Sistema Lowry (diagrama en figura 5)

En el sistema Lowry, las fases sucesivas de la operación son :

- Introducción de la madera en el cilindro de tratamiento.
- Llenado del cilindro con el protector, por gravedad (en una instalación destinada a utilizar este sistema, el tanque de alimentación está por encima del cilindro de tratamiento).
- Fase de presión, cuya duración depende de la especie a tratar, de las dimensiones de las piezas de madera y del producto utilizado.
- Vuelta a la presión atmosférica.
- Vaciado completo del cilindro de tratamiento.
- Periodo de vacío ligero ; la acción combinada de este vacío y de la presión del aire en las cavidades celulares, expulsa una parte del protector absorbido a lo largo de la fase de presión.

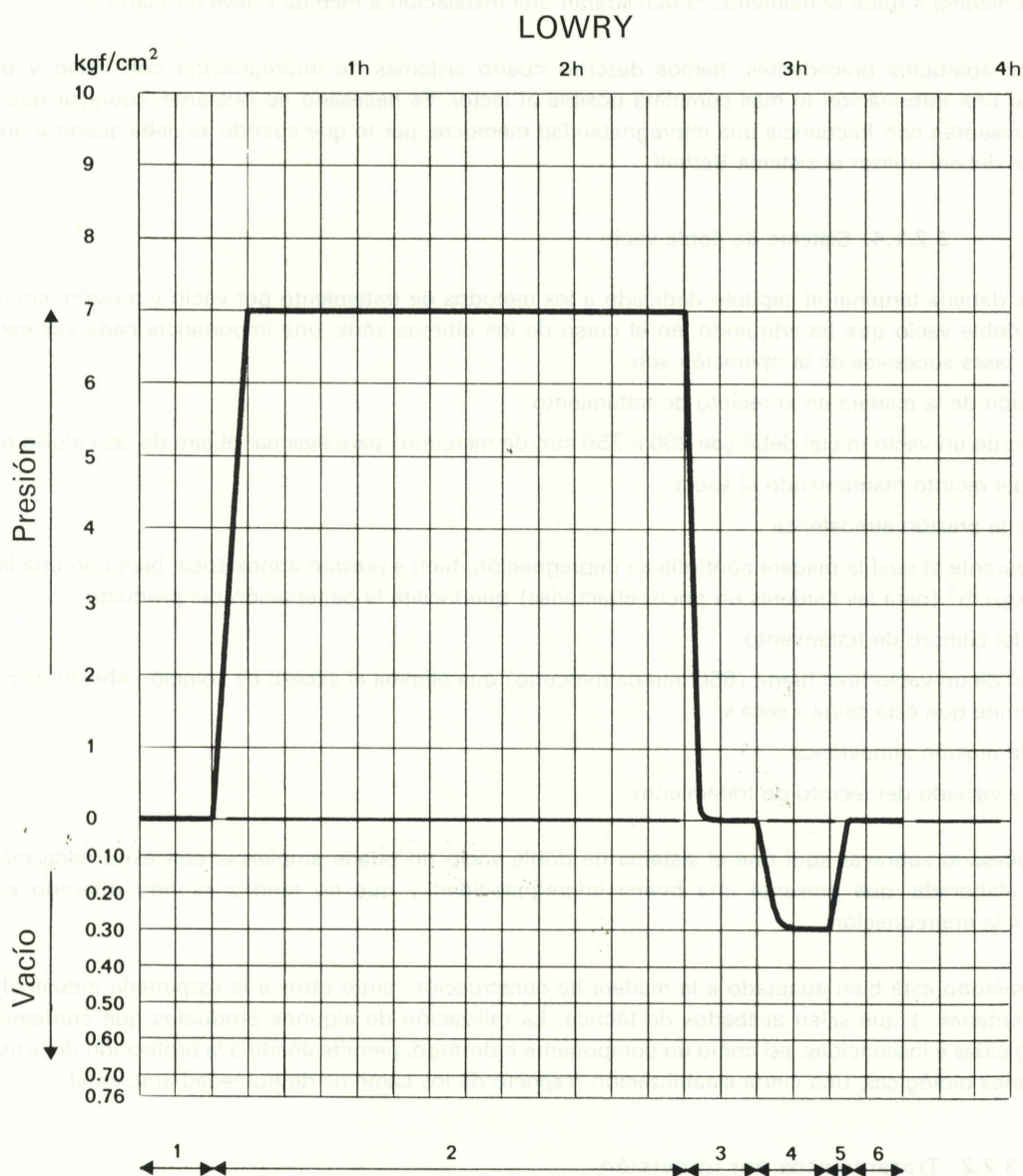


Figura 5

1. Carga del cilindro.
2. Presión.
3. Vaciado del cilindro.
4. Vacío final.
5. Vuelta a la presión atmosférica.
6. Descarga del cilindro.



Estos diferentes tipos de impregnación a presión, se efectúan en una instalación que comprende, ligados entre sí por una red de distribución :

- Un cilindro de impregnación, destinado a recibir las maderas a tratar.
- Un depósito de alimentación situado en las cercanías del cilindro de impregnación (Bethell), o sobre él (sistemas Rüping y Lowry).
- Una bomba de vacío.
- Un compresor.

Si se emplean productos de viscosidad elevada a temperatura ambiente (como la creosota), que sea necesario calentarlos a 90 °C aproximadamente para hacerlos más fluidos, los diferentes depósitos estarán provistos de serpentines por los que circule vapor de agua.

Es inútil describir con mayor detalle tales instalaciones. Cuando se desee adquirir este tipo de material, basta dirigirse a fabricantes especializados que, a la vista de los problemas técnicos planteados, del producto utilizado y de la cantidad de madera a tratar anualmente, suministrarán una instalación a medida « llave en mano ».

En los apartados precedentes, hemos descrito cuatro sistemas de impregnación con vacío y presión, para proporcionar una información lo más completa posible al lector. Es necesario no obstante, subrayar que las maderas tropicales presentan con frecuencia una impregnabilidad mediocre, por lo que cuando se debe acudir a un tratamiento a presión, se deberá utilizar el sistema Bethell.

#### 3.2.1.4. Sistema de doble vacío

No se debería terminar el capítulo dedicado a los métodos de tratamiento por vacío y presión, sin mencionar el sistema de doble vacío que ha adquirido, en el curso de los últimos años, una importancia cada vez mayor. En este sistema, las fases sucesivas de la operación son :

- Introducción de la madera en el recinto de tratamiento.
- Aplicación de un vacío inicial débil (de 200 a 250 mm de mercurio) para evacuar el aire de las células de la madera.
- Llenado del recinto manteniendo el vacío.
- Retorno a la presión atmosférica.
- Periodo durante el cual la madera continúa su impregnación, bien a presión atmosférica, bien con una ligera presión de 1 a 2 kg/cm<sup>2</sup> (para las maderas un poco refractarias) que facilita la penetración del producto.
- Vaciado del cilindro de tratamiento.
- Aplicación de un vacío final fuerte (650 mm de mercurio) que elimina el exceso de solución absorbida por la madera y que permite que ésta salga « seca ».
- Vuelta a la presión atmosférica.
- Apertura y vaciado del recinto de tratamiento.

Es necesario subrayar aquí que el sistema de doble vacío no puede emplearse con éxito nada más que sobre madera ya elaborada, que presente una buena impregnabilidad y que no tendría sentido utilizarlo para maderas refractarias a la impregnación.

Este método está bien adaptado a la madera de construcción, entre otros a la carpintería industrial (marcos de puertas y ventanas...) que salen acabados de fábrica. La utilización de algunos productos que contienen principios activos fungicidas e insecticidas, así como un componente hidrófugo, permite añadir a la protección de la madera contra las alteraciones biológicas, una cierta estabilización respecto de los cambios de humedad ambiental.

#### 3.2.2. Tratamientos por inmersión

Los tratamientos por inmersión que consisten en sumergir la madera durante un cierto tiempo en el producto protector no llevan, ni a absorciones tan altas, ni a penetraciones tan profundas, como la impregnación a presión. Pueden, sin embargo, asegurar a las piezas de madera una buena protección creando, entre el medio ambiente (de donde proceden los ataques) y la madera, un efecto « barrera ». Según que se utilicen productos en solución orgánica o productos en solución acuosa, las formas de proceder difieren considerablemente.



## DOBLE VACIO

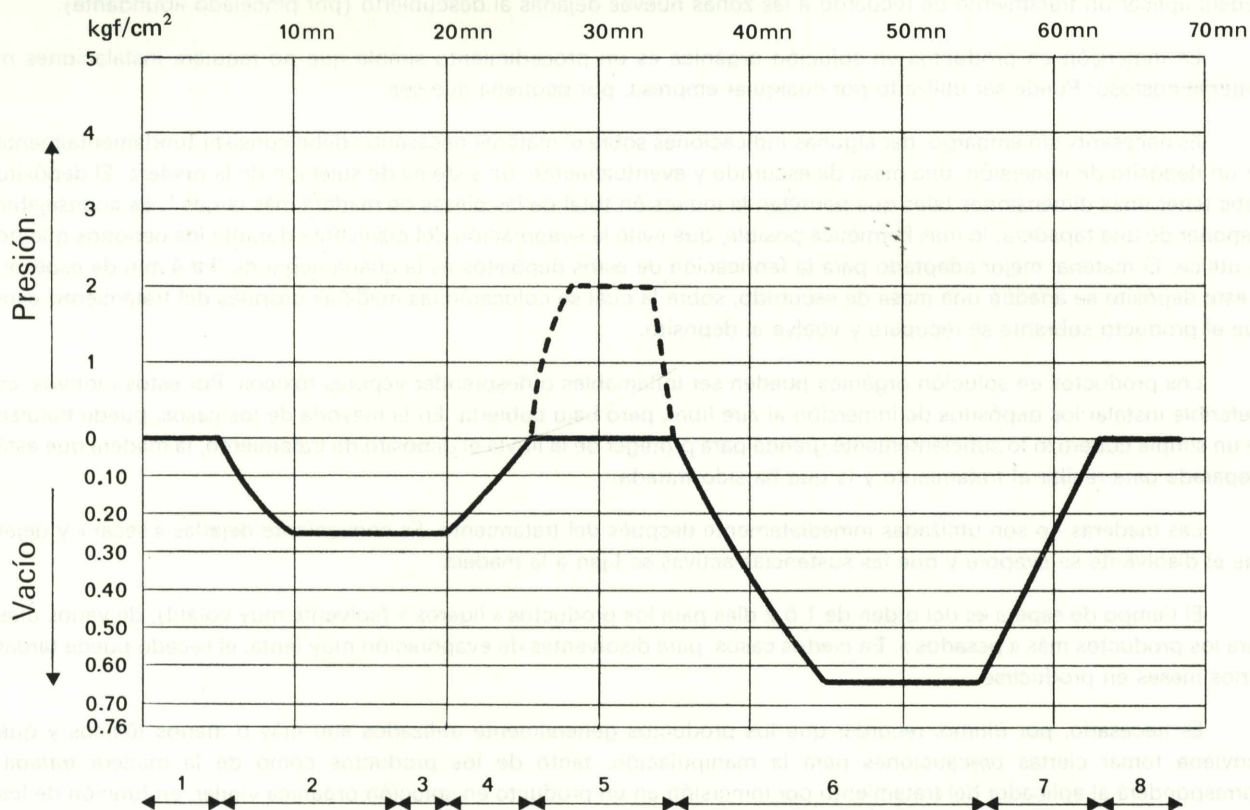


Figura 6

1. Carga del cilindro.
2. Vacío inicial.
3. Llenado del cilindro.
4. Vuelta a la presión atmosférica.
5. Fase de impregnación (eventualmente presión).
6. Vacío final.
7. Vuelta a la presión atmosférica.
8. Descarga del cilindro.

## 3.2.2.1. Inmersión en solución orgánica

La penetración en la madera de un producto en solución orgánica aplicado por inmersión, es función de factores propios del producto (viscosidad...) y de factores propios de la madera a tratar (estructura anatómica, humedad). Es imposible, por supuesto, influir en la estructura anatómica de una madera. Por el contrario, los factores « humedad » y « producto » pueden adoptarse de tal manera que la protección conferida a la madera sea la mejor posible.

**Para que el producto penetre convenientemente y empape las paredes celulares, es evidente que la madera debe estar suficientemente seca (su humedad no debe sobrepasar el 25%).**

Es igualmente evidente que un producto de baja viscosidad penetrará más rápido y mejor que un producto más viscoso. Todo esto explica porqué el tratamiento por inmersión no proporciona nada más que una impregnación muy superficial, salvo para productos muy ligeros aplicados a especies muy permeables; por consiguiente, la protección aportada es generalmente suficiente para maderas expuestas a riesgos de ataque pequeños, pero no lo es si la madera se utiliza en condiciones de difícil conservación.

La duración de la inmersión en productos en solución orgánica no tiene, por regla general, que ser muy larga: si se considera que después de 10 minutos, una pieza de madera ha absorbido la mayor parte de lo que sería capaz de absorber si se prolongara la inmersión durante horas.

Hay que resaltar que, **al ser la impregnación poco profunda, es conveniente tratar elementos ya elaborados, para no correr el riesgo, al realizar operaciones posteriores al tratamiento, de dejar al descubierto zonas de madera sin proteger**, poniendo en peligro la buena conservación de la misma. Puede ocurrir,



no obstante, que una madera tratada en fábrica deba recibir una manipulación complementaria en obra : en ese caso, se deberá aplicar un tratamiento de recuerdo a las zonas nuevas dejadas al descubierto (por pincelado abundante).

La inmersión en productos en solución orgánica es un procedimiento simple que no requiere instalaciones ni material costoso. Puede ser utilizado por cualquier empresa, por pequeña que sea.

Es necesario, sin embargo, dar algunas indicaciones sobre el material necesario : debe consistir fundamentalmente en un depósito de inmersión, una mesa de escurrido y eventualmente, un sistema de sujeción de la madera. El depósito debe tener unas dimensiones tales que permitan la inmersión total de las piezas de madera más largas \*. Es aconsejable disponer de una tapadera, lo más hermética posible, que evite la evaporación del disolvente durante los periodos que no se utilice. El material mejor adaptado para la fabricación de estos depósitos es la chapa negra de 3 a 4 mm de espesor. A este depósito se añadirá una mesa de escurrido, sobre la cual se colocarán las maderas después del tratamiento para que el producto sobrante se recupere y vuelva al depósito.

Los productos en solución orgánica pueden ser inflamables o desprender vapores tóxicos. Por estos motivos, es preferible instalar los depósitos de inmersión al aire libre, pero bajo cubierta. En la mayoría de los casos, puede tratarse de un simple cobertizo lo suficientemente grande para proteger de la lluvia el depósito de tratamiento, la madera que está preparada para recibir el tratamiento y la que ha sido tratada.

Las maderas no son utilizadas inmediatamente después del tratamiento. Es conveniente dejarlas «secar» y dejar que el disolvente se evapore y que las sustancias activas se fijen a la madera.

El tiempo de espera es del orden de 1 ó 2 días para los productos «ligeros» (solvente muy volátil), de varios días para los productos más «pesados». En ciertos casos, para disolventes de evaporación muy lenta, el secado puede tardar varios meses en producirse.

Es necesario, por último, recordar que los productos generalmente utilizados son más o menos tóxicos y que conviene tomar ciertas precauciones para la manipulación, tanto de los productos como de la madera tratada. Corresponderá al aplicador del tratamiento por inmersión en un producto en solución orgánica vigilar, en función de los riesgos específicos de cada producto, que se cumplan las reglamentaciones de seguridad en vigor : en cualquier caso, el personal dispondrá de guantes, gafas y delantales de protección y será objeto, si es necesario, de una vigilancia y asistencia médica especiales. Es bueno recordar que es preferible limitar al mínimo el contacto directo del personal con los productos y la madera recién tratada y que, a este respecto, es deseable, siempre que el volumen de madera a tratar lo permita, sustituir el tratamiento pieza a pieza (sujeción manual) por el de paquetes (utilización de un sistema mecánico de inmersión).

### 3.2.2.2. Inmersión en solución acuosa

Hemos visto en el apartado precedente, que la madera que va a tratarse por inmersión con un producto en disolvente orgánico, debe tener una humedad inferior al 25%. **El tratamiento de las maderas insuficientemente secas puede hacerse correctamente por inmersión si se utilizan productos en solución acuosa.** Los mecanismos de penetración que entran en juego en uno y otro caso, no son los mismos. Mientras que la penetración de los productos en solución orgánica se hace esencialmente por capilaridad, la de los productos en solución acuosa es debida principalmente a fenómenos de difusión de las sales a través de las membranas celulares.

La inmersión de madera seca al aire en una solución orgánica constituye en sí misma un tratamiento ; ahora bien, **la inmersión de madera húmeda en un producto en solución acuosa, no es más que la primera fase del tratamiento, al término de la cual la madera no está todavía tratada ; el tratamiento no se puede considerar acabado hasta que no finalice la fase más importante de la operación : la difusión.**

El tratamiento de madera húmeda por inmersión puede realizarse de dos formas : bien mediante una inmersión larga en una solución bastante concentrada, bien, mediante una inmersión breve en una solución muy concentrada. En ambos casos, se trata de hacer penetrar, durante la inmersión, una cantidad suficiente de solución en las capas superficiales de la madera, para que, al emigrar hacia el interior de la madera por difusión, las sales disueltas alcancen una profundidad y dosis suficientes que aseguren una protección satisfactoria.

**Inmersión prolongada en solución bastante concentrada.** Esta forma de tratamiento se reserva a maderas cuya humedad está comprendida entre 30 y 60 %, en las que queda un cierto espacio, libre de agua, en el interior de las

\* Estará construido de forma que la superficie de evaporación sea pequeña (depósito estrecho y profundo).



células de la madera. Se produce entonces, en primer lugar, una cierta absorción de solución por capilaridad, en una segunda etapa se desencadena el fenómeno de difusión y permite una penetración más profunda y más homogénea de las sales.

El tiempo de inmersión puede variar entre 12 y 24 horas : esta última duración, además de que puede ser mejor desde el punto de vista de la calidad del tratamiento, permite un ritmo de trabajo más acorde con los horarios del personal.

En estas condiciones, el tratamiento de madera pieza a pieza es económicamente inaceptable. Es conveniente tratar paquetes de elementos idénticos (en particular de la misma especie y del mismo espesor), mediante un sistema mecánico que los deposite en el interior del depósito ; los elementos de un paquete deben estar separados entre sí mediante rastreles de pequeño espesor (5 a 10 mm), con el fin de que la solución alcance y empape todas las superficies. El paquete, tras depositarlo en el depósito, se lastra ; después se introduce la solución de tratamiento hasta un nivel suficiente para que la madera quede completamente sumergida durante toda la operación (teniendo en cuenta la absorción de la solución por la madera). **Después del tratamiento, el paquete se saca del baño y se coloca bajo cubierta en un lugar poco ventilado** durante unos quince días, a lo largo de los cuales tiene lugar la fase más importante del tratamiento : la difusión de las sales en la madera y su fijación en las paredes celulares. Es aconsejable cubrir los paquetes con un plástico que impida un secado excesivamente rápido de la madera y en consecuencia, que se bloquee el fenómeno de difusión. Después del periodo de difusión, las piezas de madera podrán ponerse a secar normalmente.

Esta forma de tratamiento, que no permite, salvo excepciones, obtener una impregnación total de la masa de la madera, sólo es aplicable a piezas de madera ya elaboradas. Si en algún caso, es necesario realizar el acabado después del tratamiento, habrá que aplicar un tratamiento localizado en las zonas de madera puestas al descubierto, mediante un pincelado abundante con un protector orgánico (ya que la madera estará seca).

**Inmersión breve en solución muy concentrada.** Esta forma de tratamiento es más conocida como **tratamiento por inmersión rápida y difusión**. Está basado en la posibilidad que tienen muchos productos minerales muy solubles en agua, de difundirse profundamente en la madera verde (**humedad superior al 60%**). Si se deposita en la superficie de un tablón verde con un alto contenido en agua, un producto en solución acuosa concentrada, se produce el fenómeno siguiente : el producto concentrado, inicialmente en la superficie, es atraído por el agua que se encuentra en el interior de la madera, hasta el momento en que el contenido en producto de las zonas internas y de las zonas superficiales de la madera son aproximadamente iguales. Este principio explica porqué :

- el tratamiento debe aplicarse a madera verde,
- los productos a utilizar no deben reaccionar con los constituyentes de la madera para formar compuestos insolubles (lo que bloquearía el proceso de difusión),
- las maderas así tratadas no deben utilizarse a la intemperie ya que el deslavado podría extraer poco a poco el producto de protección.

El tratamiento por inmersión rápida y difusión comprende, como su nombre indica, dos fases, la inmersión y la difusión.

#### ☐ Inmersión

A la salida de la sierra, los tablones, limpios de serrín y que, como es natural, deben estar sanos de partida, por tanto proceder de trozas sanas, se llevan al depósito de inmersión. Se sumergen en la solución, bien uno a uno, bien en paquetes enrastrelados (los tablones se separan con rastreles de 5 a 10 mm de espesor), durante un tiempo breve (del orden de 30 segundos para la inmersión individual, y de 2 minutos para la inmersión en paquetes).

#### ☐ Difusión

Esta segunda fase es primordial y la forma en que se desarrolla condiciona absolutamente la calidad final del tratamiento, pues es a lo largo de este período cuando los productos migran desde la superficie hacia el interior de las piezas de madera para asegurar, dentro de lo posible, una protección satisfactoria de toda la masa de la madera.

Nada más finalizada la inmersión, los tablones se apilan bajo cubierta (para evitar el posible deslavado del producto por el agua de lluvia), madera sobre madera, condición indispensable para que la difusión se desarrolle correctamente. Las pilas bien compactas (pilas muertas) estarán aisladas del suelo (por ejemplo, mediante dados de hormigón) y recubiertas con plásticos, para evitar el riesgo de que la madera se seque demasiado deprisa.

El tiempo de difusión depende esencialmente : de la formulación utilizada (naturaleza y concentración), del espesor de los tablones y de la especie tratada.



Este tiempo puede variar, en efecto, de 1 a 4 semanas ; para más detalles, el lector puede dirigirse a la División de Protección de Maderas del CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL que posee en este campo una gran experiencia.

Cuando ha finalizado el periodo necesario para una buena difusión, las pilas muertas se deshacen y los tablones se disponen para su secado al aire, en las condiciones normales de constitución de los castilletes de secado. Estos se formarán a cubierto para que las lluvias no retrasen el secado de los tablones y no arrastren una parte del producto que se ha introducido en el interior de la madera.

Hemos visto que la utilización de un tratamiento de este tipo implica el empleo de sales muy solubles en agua. En efecto, en el momento actual, únicamente el boro puede proporcionar resultados satisfactorios, tanto por su eficacia como por poder producir soluciones de tratamiento suficientemente concentradas. Las sales de boro tienen actividad insecticida fundamentalmente contra los insectos del tipo *Lyctus* y actividad fungicida contra los hongos de pudrición (salvo contra los de pudrición blanda). Por el contrario, al ser muy poco eficaces contra los hongos cromógenos y contra los mohos, se corre el riesgo de que se produzcan alteraciones debidas a estos organismos si no se toman medidas complementarias para evitarlo (por ejemplo, incorporación a las soluciones de boro de un fungicida apropiado, como el pentaclorofenol).

Las formulaciones empleadas actualmente son, bien únicamente a base de sales de boro, bien a base de sales de boro asociadas a fluoruro sódico, producto que refuerza la actividad de las soluciones de tratamiento.

Es conveniente, para terminar este apartado, subrayar las ventajas y enumerar los inconvenientes del método :

#### ☐ Ventajas ?

- La utilización de un cierto número de maderas tropicales blandas, como el Obeche, Ilomba, Ekoune, Koto, Fuma, etc. en carpintería interior (molduras, rodapiés, marcos...) se enfrenta al obstáculo que constituye su sensibilidad al ataque de los *Lyctus* y, por tanto, a la necesidad de recibir un tratamiento de protección. Un método podría consistir en tratar la madera seca al aire después de su elaboración definitiva. En estas condiciones, se deberían emplear, obligatoriamente, productos en disolvente orgánico, aplicados por inmersión o pulverización. Ahora bien, estos productos son caros debido a las cualidades que poseen, entre otras, ser compatibles con el encolado y admitir un acabado posterior (pintura o barniz) de la madera tratada, no comunicarlas olor desagradable, no hacerlas tóxicas..., en resumen, permitir que la madera sea utilizada en interiores sin peligro, inconvenientes o disgustos. Esto conduciría a la paradoja de verse obligado a utilizar productos muy elaborados, y por tanto muy costosos, para tratar contra los *Lyctus* maderas relativamente baratas. Este método técnicamente válido, no lo sería económicamente. Se comprende, por tanto, que el procedimiento de tratamiento por inmersión rápida y difusión, que no utiliza productos caros, presente una evidente ventaja.
- Este procedimiento, al permitir tratar **tablones** en toda su masa, hace que **puedan trabajarse posteriormente** sin que queden al descubierto partes de madera sin tratar que pudieran ser atacadas (como ocurre con los tratamientos superficiales).

#### ☐ Además :

- Es compatible con los acabados de la madera (pintura o barniz).
- No modifica el color de la madera.
- Sólo requiere un material simple y poco costoso, aunque los depósitos necesiten un sistema de calefacción destinado a volver a disolver el producto que cristaliza, en parte, al cabo de un cierto tiempo.
- La madera tratada no es tóxica para el hombre ni para los animales domésticos.

#### ☐ Inconvenientes ?

- Las experiencias efectuadas hasta el presente, se han realizado únicamente sobre tablones de espesores inferiores a 54 mm y no se puede afirmar que el método sea válido para espesores superiores.
- La incorporación de fungicidas a las soluciones de boro no está completamente resuelta todavía, y hay que temer, para algunas especies muy sensibles, que en el periodo de la difusión, se produzcan ataques de hongos cromógenos y se desarrollen mohos.

Sin embargo, son mucho mayores las ventajas que los inconvenientes. La aplicación de este tratamiento en las serrerías situadas en los países productores, permitiría exportar madera aserrada protegida en profundidad y cabe pensar que, esto originaría una demanda importante, pues el utilizador de tales maderas se vería completamente libre de la obligación de tratarla antes de su puesta en obra. A pesar de un precio de compra más alto (el aumento se debería al precio del tratamiento en la serrería), realizaría, sin ninguna duda, economías sustanciales.



Todos estos razonamientos deberían conducir al desarrollo de este tipo de tratamiento en zonas tropicales.

### 3.2.3. Tratamientos por aspersión y pincelado

Estos sistemas de aplicación están reservados a productos en disolvente orgánico para el tratamiento de madera seca y constituyen una alternativa al tratamiento por inmersión.

#### 3.2.3.1. Aspersión en túnel

Este procedimiento permite obtener **un resultado análogo al aportado por la inmersión breve**, cuando se aplica a madera aserrada en bruto. Permite tratar elementos de cualquier longitud con un volumen de producto relativamente pequeño, que se recicla. Las maderas a tratar, transportadas mecánicamente, pasan entre aspersores de producto orgánico, en número suficiente y situados de tal forma que todas las caras, testas incluídas, sean impregnadas de manera homogénea. La pulverización se hace bajo una carcasa protectora que evita las proyecciones del producto. Un dispositivo situado a la salida del túnel permite recoger el excedente de producto retenido en la cara superior del tablón. Una mesa de escurrido permite la perfecta recuperación del producto sobrante, que tras su filtración, vuelve al depósito de alimentación.

Es necesario subrayar que no hay que confundir la aspersión y la pulverización y que el tratamiento mediante un pulverizador clásico debe eliminarse absolutamente.

#### 3.2.3.2. Pincelado

Puede ocurrir que se pongan en obra maderas sin que se haya pensado en los problemas de su buena conservación a lo largo del tiempo y que, de golpe se piense que, en definitiva, no sería inútil ayudar a la madera a luchar contra los ataques de ciertos agentes destructores, ya que, no se puede plantear el tratar la madera por inmersión o por aspersión en túnel. Es necesario tratarla « in situ » y únicamente se puede hacer por pincelado.

La aplicación de un producto a brocha o a rodillo es el más simple de todos los métodos, pero no es el que da los mejores resultados, por la sencilla razón de que, sólo permite tratar las zonas aparentes y que de ninguna manera el tratamiento alcanzará a las partes ocultas (por ejemplo, empotradas en el cemento...). Para sacar el mejor partido de este método, es conveniente respetar algunas reglas muy simples :

- Efectuar una aplicación abundante.
- Aplicar el producto, si es necesario, en varias manos, esperando que una capa sea absorbida por la madera antes de aplicar la siguiente.
- Insistir sobre las fendas y los ensambles.
- Pensar que, ya que es un tratamiento superficial, será conveniente aplicar el producto nuevamente a las zonas que se trabajen con posterioridad.

### 3.2.4. Tratamientos por desplazamiento de savia

#### 3.2.4.1. Principio y generalidades

Estas formas de tratamiento no son recientes puesto que las primeras experimentaciones debidas al Doctor BOUCHERIE datan de hace un siglo aproximadamente.

Contrariamente a las formas de aplicación de los productos descritas hasta ahora, que afectan exclusivamente a la madera aserrada (a excepción de la impregnación en autoclave que permite igualmente tratar postes, estacas, piquetes...), los tratamientos por desplazamiento de savia son únicamente aplicables a rollizos. Estos tratamientos se aprovechan de los mecanismos naturales de circulación de la savia en los tejidos vivos del árbol, para eliminarla y sustituirla por un protector que impregnará las paredes celulares.

Las diferentes formas de tratamiento que describiremos a continuación consisten en hacer pasar el producto en solución acuosa, a lo largo del fuste, desde un extremo al otro. La solución antiséptica expulsa la savia delante de ella y, al final de la operación, los tejidos que, al principio se encontraban empapados de agua, lo estarán por el producto protector.



Esto impide que el tratamiento se efectúe obligatoriamente **sobre madera recién apeada**, que posea todavía una estructura interna intacta, en la cual las células conserven íntegramente sus propiedades físicomecánicas : es necesario que haya una continuidad entre el paso de la savia y el de la solución del producto protector.

El tiempo que puede transcurrir entre el apeo y el principio del tratamiento es función : de la especie a tratar y de las condiciones climáticas de la región considerada, y no puede establecerse ninguna regla fija.

Examinemos ahora las ventajas y los inconvenientes de los tratamientos por desplazamiento de savia.

#### ☐ Ventajas ?

- La instalación utilizada, como veremos a continuación, es simple, rústica, fácil de fabricar localmente, de mantenimiento sencillo y precio módico.
- Al ser fácilmente desmontable, una instalación de tratamiento puede trasladarse sin dificultad de un lugar a otro según las necesidades de materia prima : si, por ejemplo, se agota una zona de corta, es sencillo trasladar la instalación.
- Al tener que tratarse la madera verde y no tener que sufrir ningún secado previo, estará automáticamente protegida de los ataques de insectos y de hongos que se hubieran podido producir a lo largo del secado.

#### ☐ Inconvenientes ?

- Como consecuencia de su mismo principio, todo tratamiento por desplazamiento de savia sólo afecta a las partes vivas de los rollizos : sólo, por tanto, se tratará la albura, el duramen no lo será jamás. Verdaderamente, este inconveniente no es específico de los tratamientos por desplazamiento de savia : incluso, en la impregnación a presión, si la albura queda generalmente bien impregnada, no ocurre lo mismo con el duramen. A este respecto, el empleo de rollizos presenta una ventaja en la medida en que, si la corona de albura es suficientemente gruesa y está tratada satisfactoriamente, constituye una banda protectora que impedirá que los organismos destructores ataquen al duramen.
- Las maderas deben tratarse en estado verde, es decir, en un plazo variable desde que se apea el árbol (pero siempre inferior a 8 días), lo que implica una organización seria del trabajo (suministro suficiente de madera según las necesidades y, sobre todo, según la capacidad de tratamiento de la instalación).

Vamos ahora a estudiar los diferentes tipos de tratamiento por desplazamiento de savia.

#### 3.2.4.2. Procedimiento « Boucherie »

Se aplica principalmente a postes para líneas eléctricas y de teléfonos y, en general, a rollizos (estacas y piquetes), de un cierto diámetro (18-20 cm).

En este procedimiento, el avance del producto protector en solución acuosa está asegurado por la acción de una presión obtenida, bien mediante un compresor, bien según el principio de la hidrostática (que es habitualmente el más utilizado). En este último caso, la presión necesaria se obtiene elevando el depósito que contiene el producto 7 u 8 metros sobre el nivel del suelo. Esta elevación del depósito de alimentación se realizará, bien utilizando un montículo natural, bien y es lo más frecuente, colgando el depósito de un pórtico desmontable hecho en madera.

#### ☐ Descripción de la instalación (ver figura 7, página 71)

- **El depósito de alimentación** : es el que contiene el producto protector. Su forma no tiene importancia (cilíndrica, paralelepípedica). Deberá principalmente ser resistente a la corrosión por el producto antiséptico. La presencia de sulfato de cobre en numerosos productos, impide totalmente la utilización del hierro. Por razones de precio y de solidez, parece que la madera es el material más conveniente.
- **Tubería de alimentación y rampa de distribución** : el tubo está fijado en su parte superior al orificio de salida del depósito y en la parte inferior conectado a una rampa de distribución. Es aconsejable la utilización de tubo de polivinilo. La rampa será, bien de plomo, bien de cobre, bien de cualquier otro material resistente a la corrosión.
- **El tapón de empalme** : constituye la parte más delicada de fabricar de todo el equipo, pues debe cumplir las exigencias siguientes :
  - ser estanco,
  - permitir el acceso de la solución protectora a toda la parte impregnable del poste,
  - no desprenderse durante el tratamiento,
  - ser de colocación fácil y rápida.



# CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO DE UNA INSTALACION « BOUCHERIE »

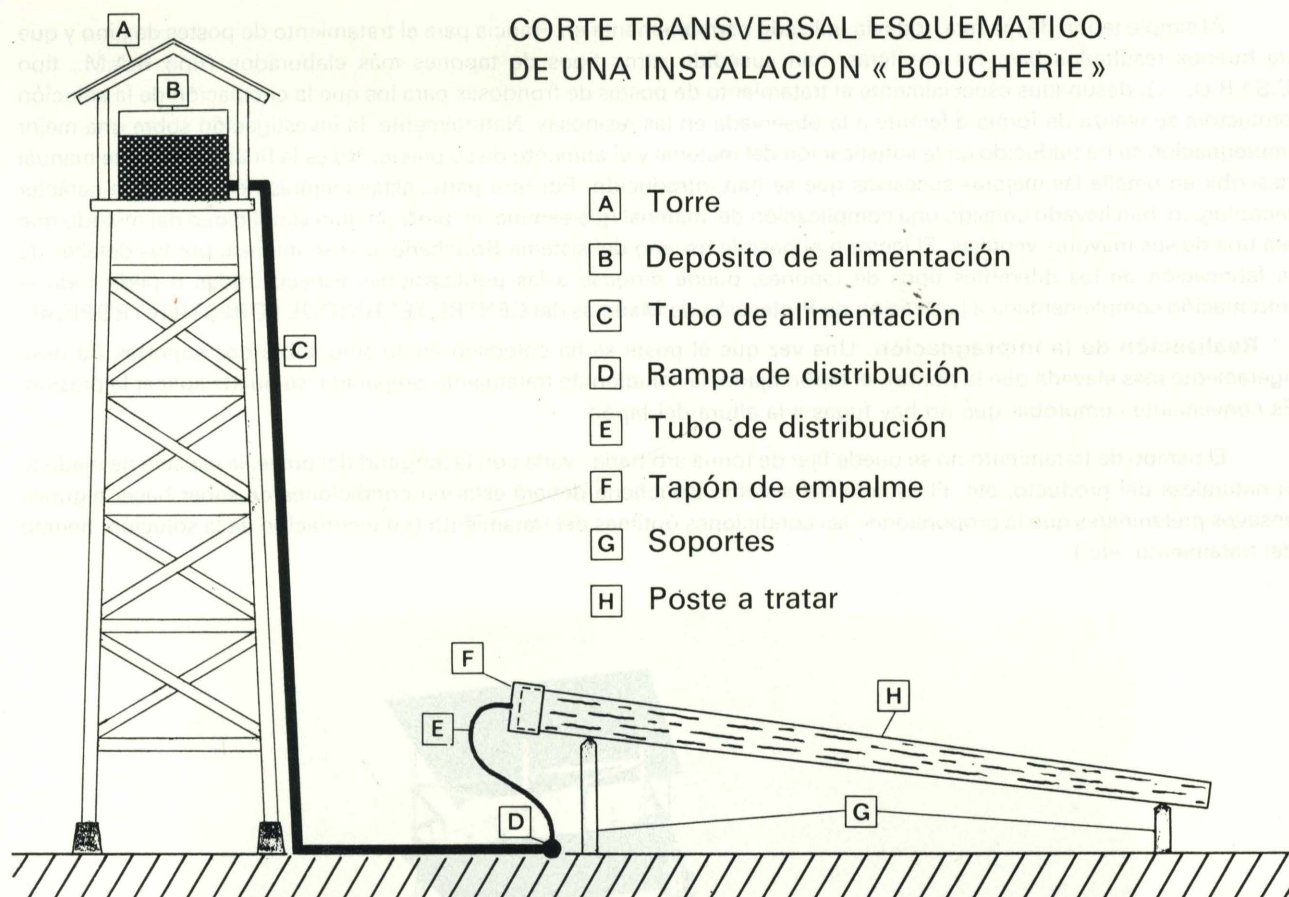


Figura 7



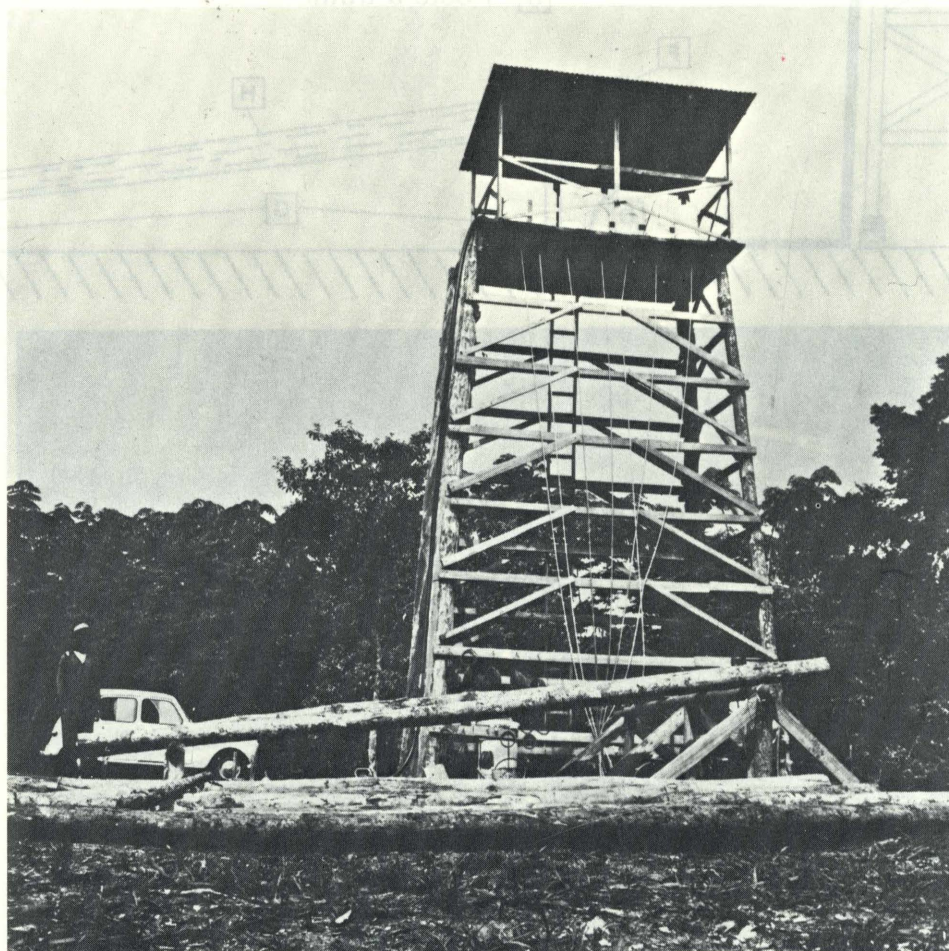
Vista general de una instalación Boucherie en Francia (Foto Déon).



Al simple tapón de madera, todavía utilizado corrientemente en Francia para el tratamiento de postes de pino y que da buenos resultados para las coníferas, han sucedido otros tipos de tapones más elaborados (tipo B.A.M., tipo C.S.I.R.O., ...), destinados especialmente al tratamiento de postes de frondosas para los que la circulación de la solución protectora se realiza de forma diferente a la observada en las resinosas. Naturalmente, la investigación sobre una mejor impregnación se ha traducido en la sofisticación del material y el aumento de su precio. No es la finalidad de este manual describir en detalle las mejoras sucesivas que se han introducido. Por otra parte, estas mejoras necesarias, de carácter tecnológico, han llevado consigo una complicación del material que elimina, en parte, la gran simplicidad del método que era una de sus mayores ventajas. El lector o el posible usuario del sistema Boucherie, que se interese por los detalles de la fabricación de los diferentes tipos de tapones, puede dirigirse a las publicaciones especializadas o pedir toda la información complementaria a la División de Protección de Maderas del CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL.

□ **Realización de la impregnación.** Una vez que el poste se ha colodado en su sitio sobre dos soportes (la base ligeramente más elevada que la punta), el tapón fijado, la solución de tratamiento preparada, se puede aplicar la presión. Es conveniente comprobar que no hay fugas a la altura del tapón.

El tiempo de tratamiento no se puede fijar de forma arbitraria : varía con la longitud del poste, la especie de madera, la naturaleza del producto, etc. El usuario del sistema Boucherie deberá estar en condiciones de saber hacer algunos ensayos preliminares que le proporcionen las condiciones óptimas del tratamiento (concentración de la solución, tiempo del tratamiento, etc.).



**Estación experimental de tratamiento de postes por el sistema « Boucherie »** (Foto Déon).

**Observación :** No quisieramos terminar este apartado sin abordar el problema de los efluentes, desde un punto de vista económico y en lo que concierne a la polución. Es cierto que, por su propio principio, el procedimiento Boucherie, como todos los sistemas de desplazamiento de savia, lleva consigo pérdidas (relativamente importantes) de producto protector. Se puede estimar que por cada 100 kg de producto que quedan efectivamente en el interior de la madera, se pierden de 15 a 20 kg, a través de la solución que sale por la punta del poste. El posible usuario del sistema Boucherie no debe, por tanto, olvidar este factor al establecer el coste del tratamiento de los postes.

Pero el problema de la polución del medio ambiente nos parece todavía más serio. Generalmente, las decenas de litros perdidos cada día en un taller de impregnación de postes, se pierden en el suelo y pueden, en ciertas condiciones,



perturbar seriamente el medio ambiente (sobre todo si el producto utilizado es del tipo cobre-cromo-arsénico) y provocar graves intoxicaciones. Sería por tanto deseable, desde todos los puntos de vista, que se generalizase la recuperación y reciclaje de los protectores en forma de sales. Se han realizado en Alemania investigaciones con éxito sobre este tema, para un producto del tipo cromo-cobre-boro; sería necesario que se realizasen otros con los productos que contienen sales de arsénico.

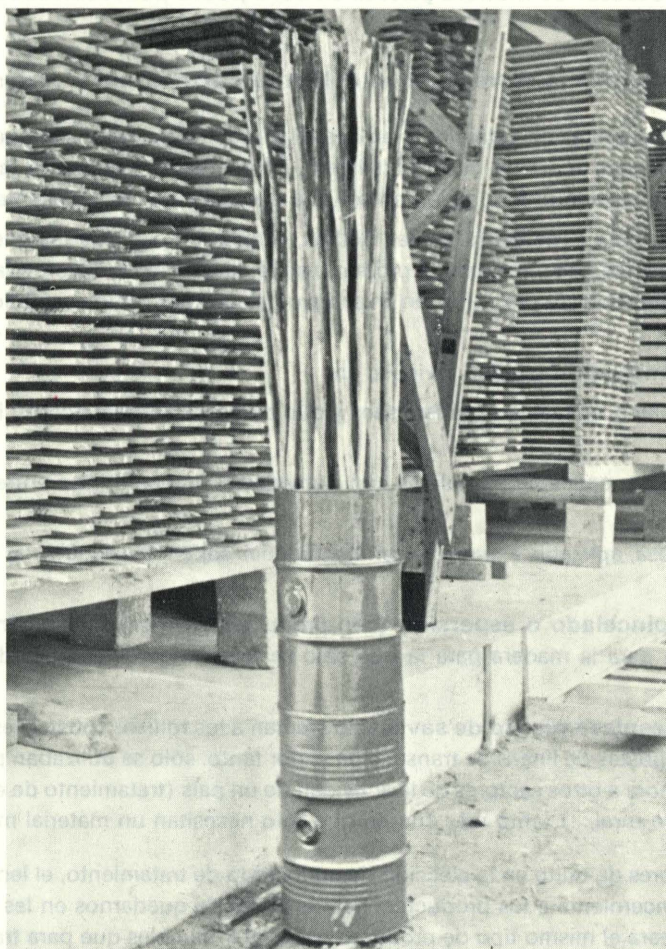
### 3.2.4.3. Tratamiento por inmersión fría de estacas y piquetes en savia

Este sistema, también llamado « tratamiento por sustitución de savia », consiste en sumergir la base de los piquetes en savia, en un depósito que contiene la solución antiséptica (que será obligatoriamente una sal en solución acuosa). Esta forma de tratamiento es todavía más rústica que el sistema Boucherie, puesto que no necesita, como material, más que un simple bidón (que se habrá protegido previamente de la corrosión por el producto protector, pintándolo interior y exteriormente con una pintura adecuada).

La parte aérea del piquete se seca, y a medida que la savia contenida en los vasos se evapora, la solución antiséptica es « aspirada » hacia el extremo superior del piquete. La impregnación se efectúa por un fenómeno combinado capilaridad-difusión. Todos los ensayos que han podido realizarse han confirmado la importancia del factor evaporación y han permitido llegar a las conclusiones siguientes :

- el mantenimiento de las hojas en el extremo de la vara o estaca favorece la impregnación,
- el mantenimiento de la corteza es desfavorable.

En lo concerniente a los resultados obtenidos, se ha comprobado que la distribución longitudinal del protector es mediocre : se observa una acumulación a la altura de la zona de inmersión y una disminución muy rápida de contenidos según se avanza hacia arriba. Por supuesto, la protección comunicada a la madera no es tan buena como la que se obtendría por impregnación a presión. Pero no hay que perder de vista que, si este procedimiento prolonga la vida en



**Inmersión de la base de las varas** (Foto Thiel).



servicio de las varas, estacas o piquetes en 5 o 6 años, la operación, que no cuesta prácticamente más que el precio del producto protector, es rentable. Por este motivo, este tipo de tratamiento que puede realizarse en cualquier pueblecito, debería adquirir mayor desarrollo.

El posible usuario respetará, para obtener el mejor resultado, las tres reglas siguientes :

- piquetes de longitudes iguales o inferiores a 2 metros,
- descortezado de los piquetes,
- ventilación lo mejor posible (elección de un lugar y una época favorables, colocación de los piquetes de forma que permitan una buena aireación entre ellos).

### 3.3. CONCLUSION

En las páginas precedentes hemos descrito un cierto número de sistemas de tratamiento de maderas puestas en obra y el empresario o el arquitecto tendrá, quizás, dificultad para elegir adecuadamente entre todos ellos, el método que mejor resuelva su problema particular.

Es necesario que la persona que quiere proteger una u otra pieza de madera, una u otra obra, se plantee el problema en los términos que proponemos en el esquema de la Tabla III, de la página 75. Este organigrama, como todas las representaciones esquemáticas, tiene el inconveniente de simplificar un poco las cosas. No obstante, tiene la ventaja de plantear los problemas en serie y evitará a su posible usuario, cometer errores que podrían conducirle a un fracaso irremediable.

### 3.4. RESUMEN

**Ningún producto protector de madera puesta en obra podrá dar resultados satisfactorios si no está correctamente aplicado.**

**A cada producto comercial le corresponden obligatoriamente uno o varios métodos de aplicación.**

Se pueden clasificar los sistemas de tratamiento en cuatro grandes categorías. Aunque sean diferentes los unos de los otros, estos sistemas persiguen todos la misma finalidad : impregnar la madera de tal forma que los protectores introducidos en la madera le aseguren una duración en servicio económica y técnicamente aceptable.

☐ **Los tratamientos llamados a presión** (sistemas Bethell, Rüping y Lowry), a los que se puede añadir el sistema de doble vacío, tienen por finalidad hacer penetrar el producto en la madera lo más profundamente posible. Es necesario utilizar instalaciones importantes que sólo se conciben en el marco de una gran empresa. Sólo se pueden aplicar a madera seca.

☐ **Los tratamientos por inmersión** pueden dividirse en :

- Inmersión en solución orgánica, aplicable a madera seca y que proporcionan un efecto « barrera » entre la madera y el medio ambiente.
- Inmersión en solución acuosa, aplicable a maderas con humedades comprendidas entre 30 y 60% : es la inmersión prolongada y difusión.
- Inmersión en solución acuosa, aplicable a maderas con humedades superiores al 60% : es el tratamiento por inmersión rápida y difusión.

☐ **Los tratamientos por pincelado o aspersión** (con productos en disolvente orgánico), son sólo tratamientos superficiales que se reservan para la madera para la que sólo se temen ligeros ataques de origen biológico. Sólo es aplicable a madera seca.

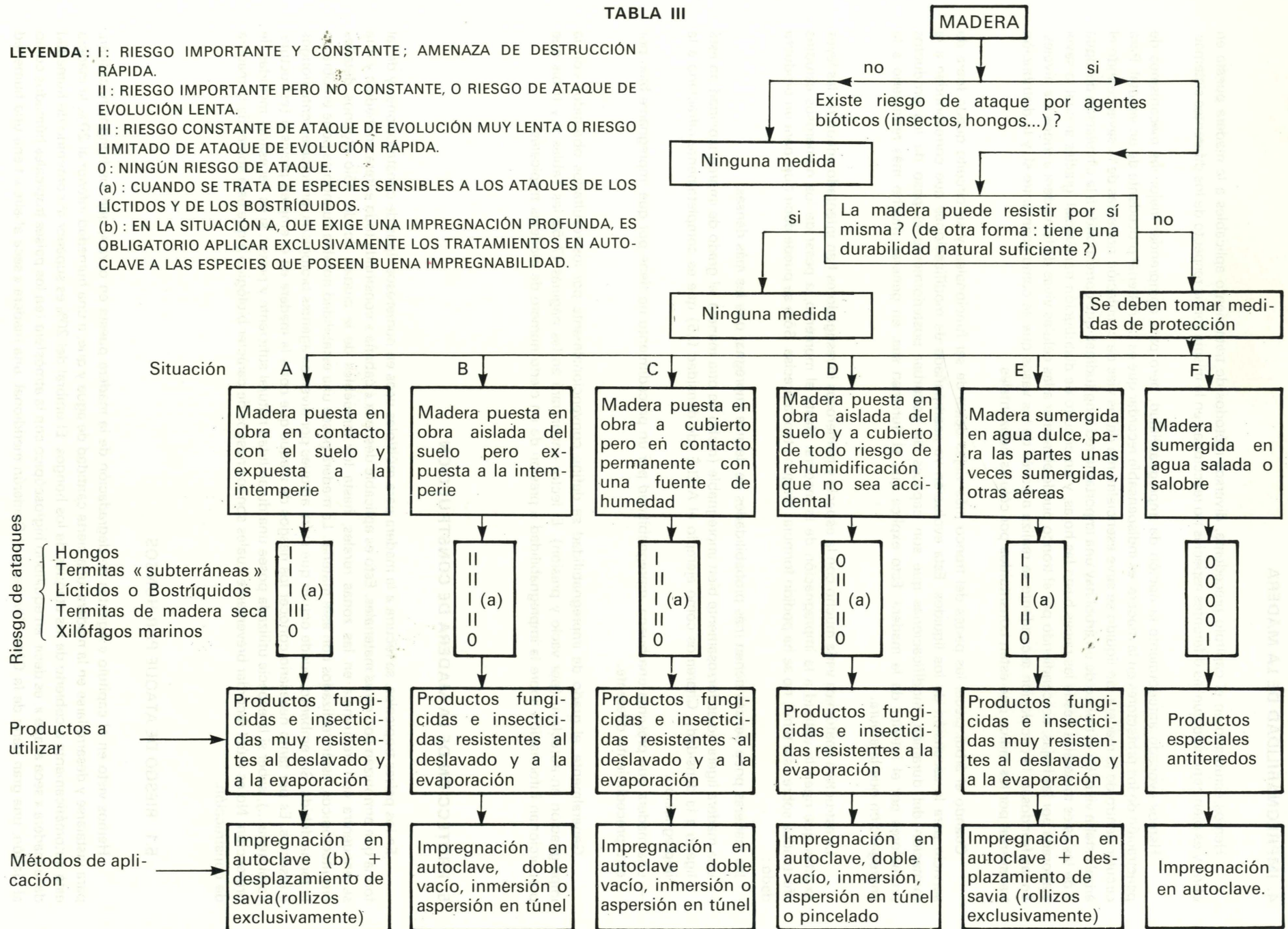
☐ **Los tratamientos por desplazamiento de savia** sólo afectan a los rollizos (postes, estacas, piquetes...). Estaban, hasta ahora, reservados a los postes de líneas de transmisión y, por tanto, sólo se utilizaban por empresas especializadas. Deberían poder extenderse ahora a otros sectores de la actividad de un país (tratamiento de estacas para cercas, piquetes de agricultura y postes de uso rural,...) tanto más cuanto que sólo necesitan un material muy simple y poco costoso.

Con el fin de evitar errores de bulto en la elección de un método de tratamiento, el lector podrá dirigirse a la Tabla III, de la página 75. En lo concerniente a los productos, hemos preferido quedarnos en las generalidades : es evidente, por ejemplo, que no se empleará el mismo tipo de producto para tratar muebles que para tratar elementos estructurales, a pesar de que estas dos utilizaciones se pueden clasificar en la categoría D « Madera puesta en obra, aislada del suelo y a cubierto de todo riesgo de rehumidificación ». Trataremos de la cuestión en los capítulos dedicados a las aplicaciones.



TABLA III

**LEYENDA :** I : RIESGO IMPORTANTE Y CONSTANTE; AMENAZA DE DESTRUCCIÓN RÁPIDA.  
 II : RIESGO IMPORTANTE PERO NO CONSTANTE, O RIESGO DE ATAQUE DE EVOLUCIÓN LENTA.  
 III : RIESGO CONSTANTE DE ATAQUE DE EVOLUCIÓN MUY LENTA O RIESGO LIMITADO DE ATAQUE DE EVOLUCIÓN RÁPIDA.  
 0 : NINGÚN RIESGO DE ATAQUE.  
 (a) : CUANDO SE TRATA DE ESPECIES SENSIBLES A LOS ATAQUES DE LOS LÍCTIDOS Y DE LOS BOSTRÍQUIDOS.  
 (b) : EN LA SITUACIÓN A, QUE EXIGE UNA IMPREGNACIÓN PROFUNDA, ES OBLIGATORIO APLICAR EXCLUSIVAMENTE LOS TRATAMIENTOS EN AUTOCLAVE A LAS ESPECIES QUE POSEEN BUENA IMPREGNABILIDAD.





#### 4. IMPREGNABILIDAD DE LA MADERA

Hemos estudiado en el capítulo precedente, diversos métodos de tratamiento aplicables a la madera puesta en obra, y es bien conocido que las diferentes especies no reaccionan en la misma forma respecto de los diferentes sistemas.

Hemos evocado anteriormente la noción de impregnabilidad, pero para comprender mejor los mecanismos de penetración de los protectores en la madera, es indispensable recordar que es un material procedente de un vegetal. Para circular dentro de la madera, un líquido se sirve esencialmente de las vías de circulación normales de la savia cuando el árbol estaba vivo. En el tronco de un árbol hay una importante red longitudinal, que corresponde a la circulación del agua y de las sales minerales desde las raíces hasta las hojas, y un circuito de distribución transversal, gracias al cual la savia elaborada por las hojas, descendiendo por el tronco puede alimentar a las células vivas de la madera a todos los niveles. En las frondosas, la circulación ascendente se realiza a través de los vasos que se comunican entre sí, y la distribución transversal por los radios que están constituidos por células horizontales.

Cuando el árbol crece, las partes del tronco más viejas dejan de ser funcionales, y su circuito queda fuera de servicio para la ascensión de los líquidos. Esta evolución va acompañada de modificaciones que corresponden a la formación del duramen, modificaciones que son capaces de perturbar posteriormente el paso de los productos protectores por el interior de la madera. Esto explica que el duramen sea, en general, mucho más refractario a la impregnación que la albura.

La estructura anatómica varía mucho con la especie y numerosos investigadores han intentado encontrar las leyes exactas que rigen la aptitud a la impregnación de la madera. Hasta el momento, a pesar de los numerosos estudios efectuados sobre este tema, no se ha podido formular ninguna teoría precisa. Sólo se puede decir que, para un producto dado :

- las maderas poco densas tienen más probabilidades de dejarse impregnar que las más densas,
- una madera ligera no es forzosamente bien impregnable (dicho de otra manera, el grado de impregnabilidad no está ligado a la densidad). Citaremos como ejemplo el AIÉLÉ (de densidad 0,5) que es completamente refractario a la impregnación,
- una madera que presenta una buena impregnabilidad por un procedimiento no tiene por qué impregnarse bien por otro procedimiento diferente.

Generalmente, el grado de impregnabilidad se define convencionalmente por los resultados obtenidos con la impregnación en autoclave (por vacío y presión). El lector encontrará en las páginas 47-53 las Tablas II y II bis que proporcionan información sobre la impregnabilidad a presión de un cierto número de maderas tropicales.

#### 5. PROTECCION DE LA MADERA DE CONSTRUCCION

En los países tropicales, se recurre a la madera para múltiples usos en numerosos tipos de construcciones y de tal forma que armonizan con otros materiales. Esto es aplicable desde la « cabaña » construida toda entera en madera y que se encuentra con frecuencia en las zonas rurales, hasta los inmuebles de la ciudad donde, sólo algunos detalles arquitectónicos, están realizados con este material. La madera posee una estabilidad notable cuando se pone en obra en la forma debida. Sin embargo, puede ocurrir que sufra ataques por diversos agentes biológicos, principalmente hongos e insectos. Es por tanto necesario conocer los riesgos de ataque que corre la madera en el empleo previsto (estructura, carpintería,...), saber si la especie utilizada posee una durabilidad natural suficiente y prever, si es necesario, medidas de protección. No es inútil recordar brevemente cuales son los riesgos de carácter biológico a que está sometida la madera de construcción.

##### 5.1. RIESGO DE ATAQUE POR HONGOS

Hemos visto en el capítulo « Agentes de degradación de la madera puesta en obra », que los hongos necesitan, para instalarse y desarrollarse en la madera, una cierta cantidad de agua y que, a una humedad inferior al 20%, la madera está automáticamente a cubierto de los ataques de los hongos. El umbral del 20% es superior al contenido de humedad de la madera « seca al aire », es decir, en equilibrio higroscópico con la atmósfera (en los países tropicales húmedos como el Gabón, una gran parte de la Côte-d'Ivoire, o el Camerún meridional, una madera « seca al aire » tiene una humedad



del orden del 19%). Esto debería poner en evidencia el buen fundamento de la más elemental y principal regla de la buena práctica en la puesta en obra de la madera, a saber, realizar la mecanización definitiva sobre maderas que hayan alcanzado su humedad de equilibrio con el medio y, por consiguiente, no poner en obra maderas que no se hayan secado correctamente.

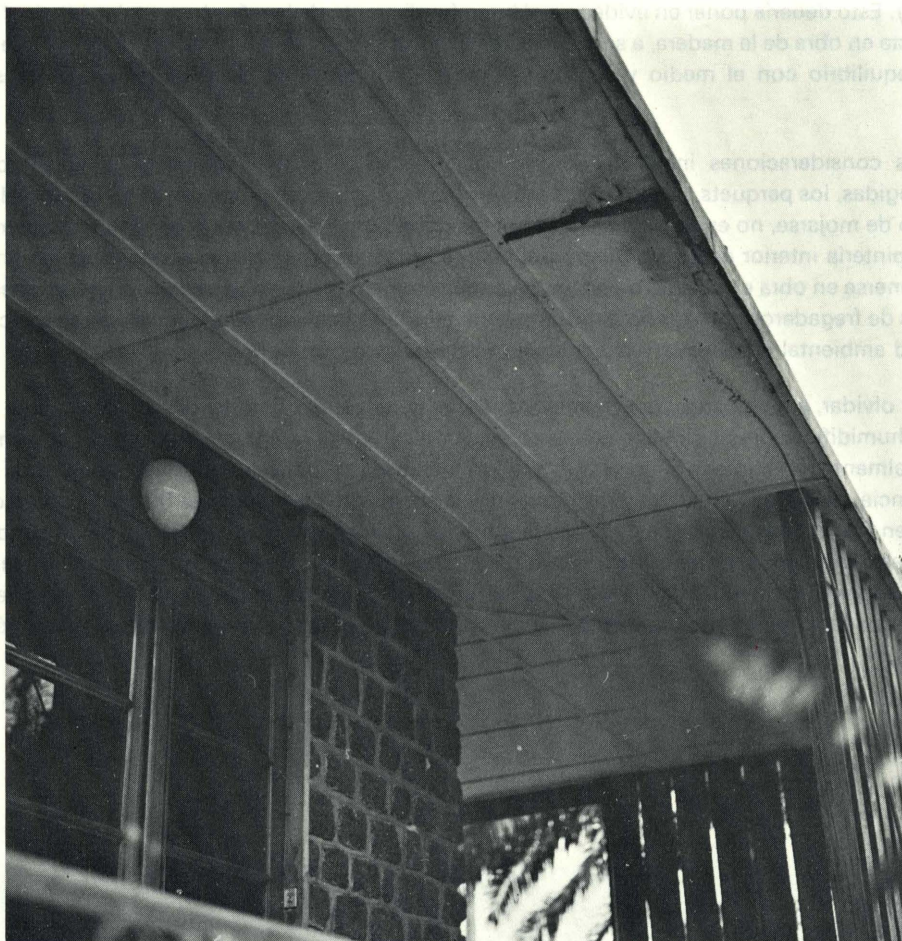
Todas estas consideraciones indican que, en una construcción bien estudiada y bien hecha, las maderas estructurales protegidas, los parquets, la carpintería interior (zócalos, marcos de puertas...) y, en general, las maderas que no corren el riesgo de mojarse, no están amenazadas por las pudriciones. No hay que pensar, sin embargo, que todas las maderas de la carpintería interior están a cubierto del ataque de los hongos. Hay que prestar atención a los elementos susceptibles de ponerse en obra en contacto con mamposterías húmedas o ser objeto de condensaciones (canalizaciones de agua, desagües de fregaderos, cuartos de baño, empotramientos de los acondicionadores de aire, etc., en todas partes donde la humedad ambiental es elevada y la ventilación es mediocre o mala).

No hay que olvidar, sin embargo, que numerosas casas tienen la carpintería exterior de madera y que al ser muy alto el riesgo de rehumidificación, particularmente en zonas tropicales, los hongos pueden atacar gravemente a la madera si ésta no es naturalmente resistente, o si no se han tomado medidas preventivas. Aparte de los hongos de pudrición que destruyen la sustancia misma de la madera y disminuyen gravemente sus propiedades físicas y mecánicas, existen otros hongos que pueden producir alteraciones de la madera menos graves, pero muy molestas, modificando su aspecto; la mayoría de las veces producen fenómenos de azulado o ennegrecimiento, muy perjudiciales para las maderas claras. Este tipo de alteración se produce frecuentemente en las carpinterías exteriores expuestas a la intemperie; puede incluso desarrollarse sobre maderas pintadas o barnizadas y contribuyen a acelerar el proceso de deterioración de las propias pinturas y barnices.



**Casa en Gabón (carpintería exterior de madera)** (Foto C.T.F.T.).





**Alteración fúngica sobre tejadillo en Gabón** (Foto Déon).

## 5.2. RIESGO DE ATAQUE POR INSECTOS

En los países tropicales, los insectos destructores de la madera de construcción son principalmente las termitas, los Bostríquidos y los Lícidos. Hemos estudiado anteriormente estos insectos y dejamos al lector que se sitúe en el capítulo « Agentes destructores de la madera puesta en obra ». Es no obstante, deseable subrayar que, conocida la biología de estos insectos, no es posible proteger a la madera contra sus ataques respetando simplemente las buenas reglas de puesta en obra, protegiéndola de la humedad y que, en regla general, los insectos constituyen para la madera de construcción, un peligro más difícil de evitar que el de la pudrición.

## 5.3. METODOS PREVENTIVOS DE PROTECCION DE LA MADERA DE CONSTRUCCION

Una construcción en un país tropical puede durar mucho tiempo si se aplican dos tipos de medidas preventivas.

### 5.3.1. Medidas constructivas

Sería demasiado largo enumerar aquí todos los detalles constructivos que pueden impedir la instalación y el desarrollo de los agentes destructores de la madera, y nos limitaremos a dar únicamente algunos ejemplos :

- En un país termitado, tratar el terreno sobre el que se asentará la casa con un producto insecticida adecuado y aislar la construcción mediante pilotes de hormigón : los riesgos de ataque por « termitas subterráneas » se verán reducidos considerablemente.
- Asegurar una buena ventilación a toda la casa y evitar que existan reductos húmedos.
- No empotrar la madera en elementos de cemento.
- Hacer volar ampliamente el tejado con relación a las paredes (disminuirá considerablemente el riesgo de rehumidificación de la carpintería exterior).



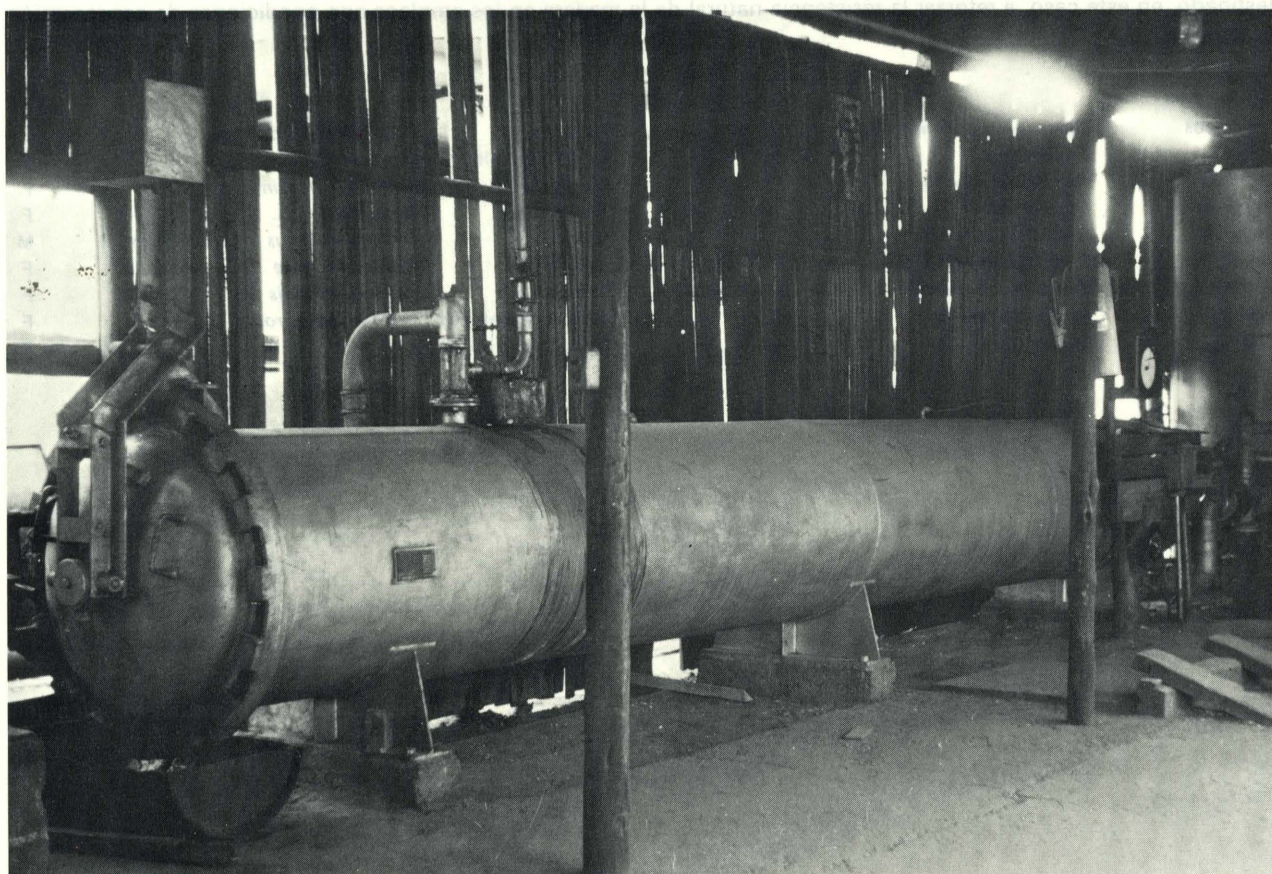


**Casa toda en madera en el Congo (observar la elevación de la construcción respecto del suelo)** (Foto Tuffier).

### 5.3.2. Medidas de protección de las maderas

La Tabla IV de las páginas 80 y 81 indica la posibilidad de empleo en la construcción de las principales maderas tropicales. Claro está que esos datos sólo afectan al duramen, ya que las alburas son, en la mayoría de los casos, menos resistentes.

### **Autoclave industrial para el tratamiento de las carpinterías** (Foto Fougerousse).





La Tabla V de la página 82 resume las medidas preconizadas para la madera de construcción en función de su durabilidad natural y de las condiciones de empleo.

TABLA IV

## Posibilidades de empleo de especies tropicales en la construcción

Para las especies de categorías II, III y IV, la letra que figura en la columna situada a la derecha del nombre de cada madera, indica la impregnabilidad de dicha madera según la cotación siguiente :

(F) poco impregnable, (M) medianamente impregnable, (B) fácilmente impregnable.

**I. Maderas muy durables (clase 1) cuyo empleo en la construcción de edificios no requiere tratamientos protectores.**

Afrormosia	<i>Pericopsis elata</i>	Maçaranduba	<i>Manilkara bidentata</i>
Azobé	<i>Lophira alata</i>	Manbarklak	<i>Eschweilera</i> spp.
Bagasse	<i>Bagassa</i> spp.	Merbau	<i>Intsia</i> spp.
Balau	<i>Shorea</i> spp. section <i>Eushorea</i>	Moabi	<i>Baillonella toxisperma</i>
Bilinga	<i>Nauclea diderrichii</i>	Mukulungu	<i>Autranella congolensis</i>
Billian	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	Muninga	<i>Pterocarpus angolensis</i>
Bubinga	<i>Guibourtia</i> spp.	Niové	<i>Staudtia stipitata</i>
Chengal	<i>Balanocarpus heimii</i>	Oboto	<i>Mammea africana</i>
Congotali	<i>Letestua durissima</i>	Okan	<i>Cyllocodiscus gabunensis</i>
Doussié	<i>Azelia</i> spp.	Padauk	<i>Pterocarpus</i> spp.
Greenheart	<i>Ocotea rodiaei</i>	Padouk	<i>Pterocarpus soyauxii</i>
Ipé	<i>Tabebuia</i> spp.	Pyinkado	<i>Xylinia</i> spp.
Kanda	<i>Beilschmiedia</i> spp.	Tali	<i>Erythrophleum</i> spp.
Kapur	<i>Dryobalanops</i> spp.	Teak	<i>Tectona grandis</i>
Landa	<i>Erythroxylum mannii</i>	Wacapou	<i>Vouacapoua americana</i>
Makoré	<i>Tieghemella heckelii</i>	Walaba	<i>Eperua</i> spp.

**II. Maderas durables a muy durables (clase 2) que sólo requieren tratamientos protectores si se emplean en contacto con el suelo o con una fuente de humedad frecuente.** El tratamiento de protección está simplemente destinado, en este caso, a reforzar la resistencia natural de la madera en los empleos con condiciones de conservación muy malas.

Basralocus	<i>Dicorynia guianensis</i>	F	Limbali	<i>Gilbertiodendron</i> spp.	F
Bossé	<i>Guarea</i> spp.	F	Louro vermelho	<i>Ocotea rubra</i>	F
Courbaril	<i>Hymenaea courbaril</i>	F	Mansonía	<i>Mansonia altissima</i>	F
Goupi	<i>Goupia glabra</i>	M	Mersawa	<i>Anisoptera</i> spp.	F
Iatandza	<i>Albizia ferruginea</i>	F	Movingui	<i>Distemonanthus benthamianus</i>	M
Iroko	<i>Chlorophora excelsa</i>	F	Ovèngkol	<i>Guibourtia ehie</i>	F
Izombé	<i>Testulea gabonensis</i>	F	Parcouri	<i>Platonia insignis</i>	F
Jaboty	<i>Erismia uncinatum</i>	F	Peroba de Campos	<i>Paratecoma peroba</i>	F
Kotibé	<i>Nesogordinia</i> spp.	F	Saint-Martin rouge	<i>Andira</i> spp.	F



III. Maderas medianamente durables y durables (clases 3 y 4) cuyo tratamiento es necesario en todos los usos que conlleven riesgos importantes de ataques y recomendado en todas las restantes utilizaciones (por ejemplo, carpinterías exteriores expuestas a la intemperie pero aisladas del suelo), excepto en carpinterías interiores que no vayan a estar expuestas de forma permanente a una fuente de humedad. De todas formas, en las regiones donde hay *Cryptotermes* (termitas de madera seca), estas maderas pueden verse atacadas por estos insectos, estando entonces aconsejado aplicarles un tratamiento protector, incluso a las carpinterías interiores y a los muebles.

Acajou d'Afrique	<i>Khaya</i> spp.	F	Longhi	<i>Gambeya</i> spp.	M
Almon	<i>Shorea almon</i>	M	Lotofa	<i>Sterculia rhinopetala</i>	F
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i>	F	Mahogany	<i>Swietenia macrophylla</i>	F
Avodiré	<i>Turraeanthus africana</i>	F	Manil	<i>Symphonia globulifera</i>	F
Bintangor	<i>Calophyllum</i> spp.	F	Mayapis	<i>Shorea squamata</i>	F
Bomanga	<i>Brachystegia</i> spp.	F	Mengkulang	<i>Tarrietia</i> spp.	M
Cedro	<i>Cedrela</i> spp.	F	Meranti Dark Red	<i>Shorea</i> spp., section <i>Rubroshorea</i>	F
Coigue	<i>Nothofagus dombeyi</i>	F	Meranti Light Red	<i>Shorea</i> spp., section <i>Rubroshorea</i>	F
Couratari	<i>Couratari</i> spp.	F	Meranti Red	<i>Shorea</i> spp., section <i>Robroshorea</i>	F
Dabéma	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	F	Naga	<i>Brachystegia</i> spp.	F
Dibétou	<i>Lovoa</i> spp.	F	Niangon	<i>Tarrietia</i> spp.	F
Ebiara	<i>Berlinia</i> spp.	F	Nyato	<i>Palaquium</i> spp.	F
Ekaba	<i>Tetraberlinia</i> spp.	M	Okoumé	<i>Aucoumea klaineana</i>	F
Eyong	<i>Eriobroma oblonga</i>	F	Olon	<i>Fagara heitzii</i>	F
Framiré	<i>Terminalia ivorensis</i>	M	Ovoga	<i>Poga oleosa</i>	B
Gommier	<i>Dacryodes excelsa</i>	F	Ozigo	<i>Dacryodes buettneri</i>	F
Gonfolo	<i>Qualea</i> spp.	M	Quaruba	<i>Vochysia</i> spp.	M
Igaganga	<i>Dacryodes igaganga</i>	F	Rengas	<i>Gluta</i> spp. et <i>Melenorrhoea</i> spp.	F
Jequitiba	<i>Cariniana</i> spp.	F	Resak	<i>Vatica</i> spp.	F
Kasai	<i>Pometia pinnata</i>	F	Safukala	<i>Dacryodes</i> spp.	F
Kempas	<i>Koompassia malaccensis</i>	B	Sapelli	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	F
Keruung	<i>Dipterocarpus</i> spp.	M	Seraya White	<i>Parashorea</i> spp.	F
Kosipo	<i>Entandrophragma candollei</i>	F	Sipo	<i>Entandrophragma utile</i>	F
Lati	<i>Amphimas</i> spp.	B	Sougué	<i>Parinari</i> spp.	B
Lauan Red	<i>Shorea</i> spp., section <i>Rubroshorea</i>	F	Tchitola	<i>Oxystigma oxyphyllum</i>	F
Lauan Yellow	<i>Shorea</i> spp., sections <i>Anthoshorea</i> et <i>Richetia</i>	F	Thitka	<i>Pentace</i> spp.	F
			Tiama	<i>Entandrophragma angolense</i>	M
			Tola	<i>Gossweilerodendron balsamiferum</i>	M

IV. Maderas poco o nada durables (clase 5) cuyo tratamiento es indispensable, incluso en carpinterías interiores, debido a su sensibilidad a los ataques de insectos.

Abura	<i>Mitragyna</i> spp.	M	Lauan White	<i>Parashorea</i> spp., et <i>Pentacme</i> spp.	M
Ako	<i>Antiaris toxicaria</i>	B	Limba	<i>Terminalia superba</i>	M
Akossika	<i>Scottellia</i> spp.	B	Machang	<i>Mangifera</i> spp.	B
Andoung	<i>Monopetalanthus</i> spp.	M	Marupa	<i>Simaruba</i> spp.	B
Benuang	<i>Octomeles sumatrana</i>	M	Medang	<i>Dehaasia</i> spp.	F
Duabanga	<i>Duabanga moluccana</i>	M	Meranti White	<i>Shorea</i> spp. section <i>Anthoshorea</i>	M
Ekoune	<i>Coelocaryon preussii</i>	B	Obeche	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	M
Emien	<i>Alstonia boonei</i>	B	Ohia	<i>Celtis</i> spp.	B
Essessang	<i>Riciodendron heudelotii</i>	B	Onzabili	<i>Antrocaryon klaineum</i>	M
Fuma	<i>Ceiba pentandra</i>	B	Pulai	<i>Alstonia</i> spp.	B
Geronggang	<i>Cratogeomys arborescens</i>	M	Punah	<i>Tetramerista glabra</i>	F
Ilomba	<i>Pycnanthus angolensis</i>	B	Ramin	<i>Gonystylus</i> spp.	B
Jelutong	<i>Dyera costulata</i>	B	Sepetir	<i>Sindora</i> spp.	F
Kasai	<i>Pometia pinnata</i>	F	Seraya White	<i>Parashorea</i> spp.	F
Kondroti	<i>Rhodognaphalon brevisuspe</i>	B	Sesendok	<i>Endospermum</i> spp.	B
Koto	<i>Pterygota</i> spp.	B	Virola	<i>Virola</i> spp.	B



TABLA V

**Protección preconizada para las maderas de construcción en función de su durabilidad natural y de las condiciones de empleo**

Condiciones de empleo	Clase de durabilidad	Protección requerida		
		Método de tratamiento preconizado	Tipo de producto recomendado	Comportamiento del producto frente al envejecimiento
En contacto con el suelo o muros húmedos, o con riesgo de rehumidificación importante y prolongada	1	—	—	—
	2	Inmersión	Productos en disolvente orgánico	No deslavable y resistente a la evaporación
	3-4-5	Impregnación a presión	Productos orgánicos o en disolvente orgánico si la madera es poco o medianamente impregnable. Si es fácilmente impregnable, se pueden utilizar sales no deslavables	No deslavable y resistente a la evaporación
Maderas aisladas del suelo y de fuentes de humedad permanentes, pero expuestas directamente a la intemperie	1	—	—	—
	2	—	—	—
	3-4	Inmersión o aspersion	Productos en disolvente orgánico	Nada o poco deslavable y resistente a la evaporación
		Impregnación a presión	Productos orgánicos, en disolvente orgánico o sales	
	5	Impregnación a presión	Productos orgánicos, en disolvente orgánico o sales	Nada o poco deslavable y resistente a la evaporación
Maderas aisladas del suelo y de toda fuente de humedad y protegidas de la intemperie	1	—	—	—
	2	—	—	—
	3-4	—	—	—
	5	Inmersión, aspersion o pincelado	Productos en disolvente orgánico	Resistente a la evaporación
		Inmersión (modo operativo para soluciones acuosas)	Sales	

1. Maderas muy durables.
2. Maderas durables a muy durables.
3. Maderas durables.
4. Maderas medianamente durables.
5. Maderas poco o nada durables.



#### 5.4. RESUMEN

Las maderas de construcción son susceptibles de ser atacadas por hongos (de pudrición y cromógenos), termitas (« subterráneas » y « de madera seca »), Lictidos y Bostríquidos.

La protección de la madera contra los hongos puede conseguirse mediante la acción combinada de :

- Medidas constructivas tendentes a mantener la madera con una humedad inferior a la necesaria para la instalación y desarrollo de los hongos (una madera seca al aire permanece indemne de toda pudrición, mientras no sufra una rehumidificación de forma durable).
- Medidas de protección artificial que consisten en tratar químicamente la madera, si no tiene una durabilidad natural suficiente para el empleo previsto.

La protección de la madera de construcción contra los ataques de insectos es, en cierto sentido, más difícil. Puede realizarse mediante la utilización de especies de suficiente durabilidad natural o de maderas tratadas convenientemente. El lector podrá consultar las Tablas IV y V de las páginas 80-81 y 82 que resumen bien los problemas planteados y los métodos para resolverlos.

#### 6. PROTECCION DE LA MADERA ESCUADRADA PUESTA EN OBRA EN CONTACTO CON EL SUELO

La madera escuadrada puesta en obra en contacto con el suelo comprende principalmente las traviesas de ferrocarril, algunos elementos de los puentes y los pilotes. En estas condiciones de utilización, los riesgos de deterioro son máximos. La madera está expuesta de forma permanente a la acción de los hongos (pudiendo presentarse todos los tipos de pudrición), de las termitas (en regiones termitadas) y del resto de sus enemigos, a excepción, por supuesto, de los teredos. Por otra parte, la mayoría de las obras en madera, en las cuales ésta se encuentra en contacto con el suelo, son obras a las que se pide la mayor duración posible (del orden de 20 a 30 años).

Conviene, por tanto, cuando se quiere, por ejemplo, construir un puente en madera o crear una vía férrea, hacer una primera elección encaminada a seleccionar las especies que poseen unas propiedades físicas y mecánicas adecuadas : en el caso de traviesas de ferrocarril, se elegirán maderas densas (para un mejor agarre de la vía), duras, que no rajen con facilidad. Inmediatamente después, se deben considerar las características en cuanto a su durabilidad natural y su impregnabilidad. Ya que, si este punto es importante en los países templados, es primordial en clima tropical : las condiciones son tales que prácticamente ninguna madera es suficientemente durable por sí misma, es decir, que no requiera protección cuando se utilice en contacto directo con el suelo. En el mejor de los casos, no se puede esperar alcanzar una duración en servicio superior a diez años, lo que es netamente insuficiente para una obra de gran envergadura. El empleo de forma satisfactoria de la madera en contacto con el suelo en los países tropicales, está intimamente ligado a su protección. Hay que considerar igualmente que la protección de las traviesas de madera es un factor de ahorro en el mantenimiento de la vía, en la medida en que evita los costes, muy elevados, de las renovaciones parciales de traviesas.

Cómo abordar el problema ? Elegir especies de alta durabilidad natural y aportarles una protección suplementaria ? O no tener en cuenta su durabilidad natural y hacer la elección principalmente por su impregnabilidad (teniendo en cuenta, por supuesto, que dichas especies deberán cumplir las exigencias en cuanto a las propiedades físico-mecánicas) ? El problema es difícil, particularmente cuando se trata de traviesas de ferrocarril. Para comprender esta dificultad es necesario seguir a una traviesa desde su fabricación hasta su colocación.

Después del aserrado, la traviesa se pone a secar y, debido a su gran sección, deberá esperar al menos un año antes de alcanzar el grado de humedad que permite su impregnación. Durante este periodo, se pueden producir todo tipo de alteraciones de origen biológico (pudriciones, ataques de insectos) o de origen físico (fendas...) que comprometan gravemente su utilización ulterior. Se pensó, en un momento dado, aplicar a las traviesas un tratamiento de protección temporal con productos fungicidas e insecticidas, pero la experiencia ha demostrado que dicho tratamiento era completamente inoperante. La conclusión es **que hay que elegir especies que posean una resistencia natural suficiente respecto a las alteraciones que pueden producirse a lo largo del secado.**

Después del secado, la traviesa se cajea, se taladra y se impregna. Dadas las severas condiciones en las que se encuentran las traviesas en servicio, es necesario que los productos de protección utilizados penetren al máximo en el interior de la madera y que su distribución sea lo más homogénea posible. El resultado final depende, en definitiva, de



la aptitud de la madera a dejarse impregnar y, por otra parte, de los medios utilizados para hacer penetrar el producto en la madera. En la mayoría de los casos, las especies utilizadas corrientemente para la fabricación de traviesas, son más bien refractarias a la impregnación y es necesario utilizar el sistema Bethell o de célula llena.



**Vía férrea en Nigeria sobre traviesas de madera** (Foto Fougousse).

La mala aptitud a la impregnación de las maderas utilizadas como soporte de las vías, ha llevado a las industrias afectadas a desarrollar la técnica de la incisión. Esta operación consiste en hacer pasar las traviesas entre dos series de rodillos que giran en sentidos inversos, provistos de dientes de acero que producen en la madera entalladuras paralelas a la dirección de la fibra, cuya longitud y profundidad es de dos centímetros aproximadamente y repartidas regularmente sobre las cuatro grandes caras de las traviesas. La incisión debe practicarse sobre la traviesa justo después de su fabricación, es decir, de su aserrado. Las entalladuras constituirán, en el momento de la impregnación, vías de penetración del producto protector utilizado y aumentarán la absorción y la profundidad de penetración. Además, la técnica de la incisión mejora el secado de las traviesas y conduce a una disminución apreciable de las fendas de desecación.

En relación con los productos a utilizar, se admite generalmente que la creosota es en la actualidad uno de los productos que mejor se adaptan a la finalidad buscada. Excelente fungicida e insecticida, este producto ejerce un papel hidrófugo real y la persistencia en el tiempo de sus propiedades es notable. Además, las numerosas referencias de buenos resultados en sus utilizaciones bajo todos los climas y desde hace mucho tiempo, constituyen las garantías más serias.





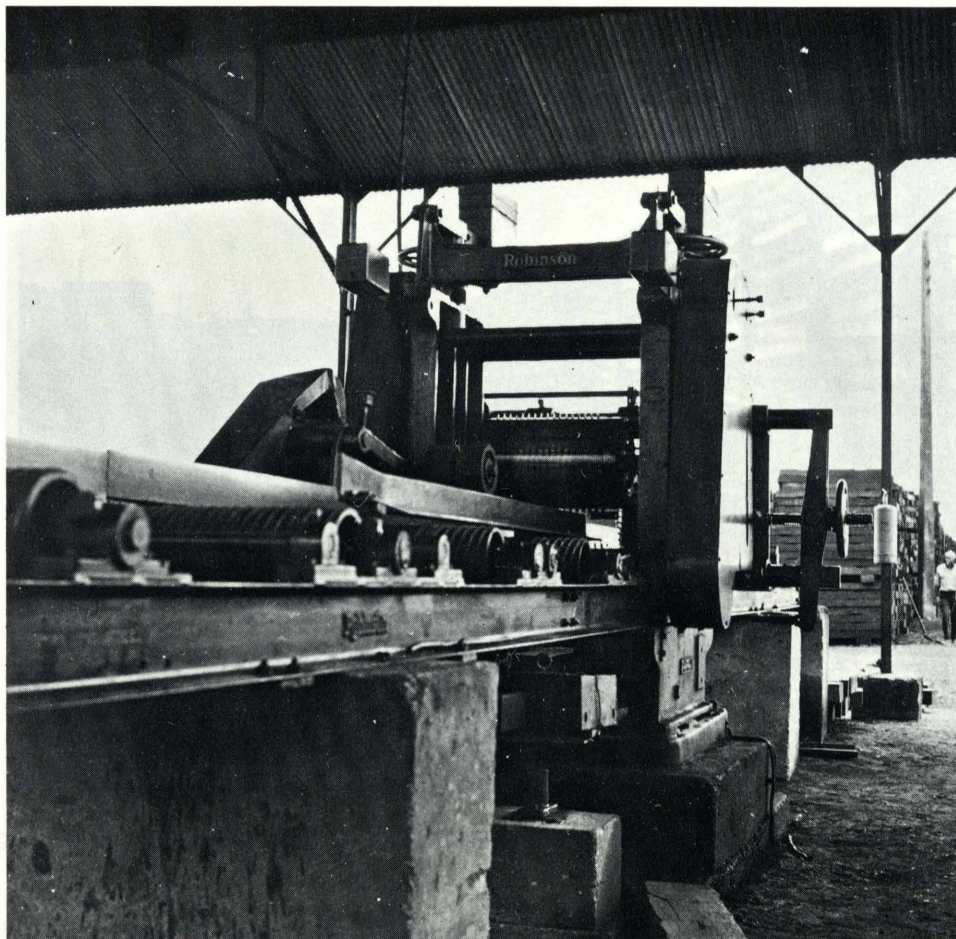
**Ghana : una forma correcta de apilado de traviesas para el proceso de secado** (Foto Fougerousse).



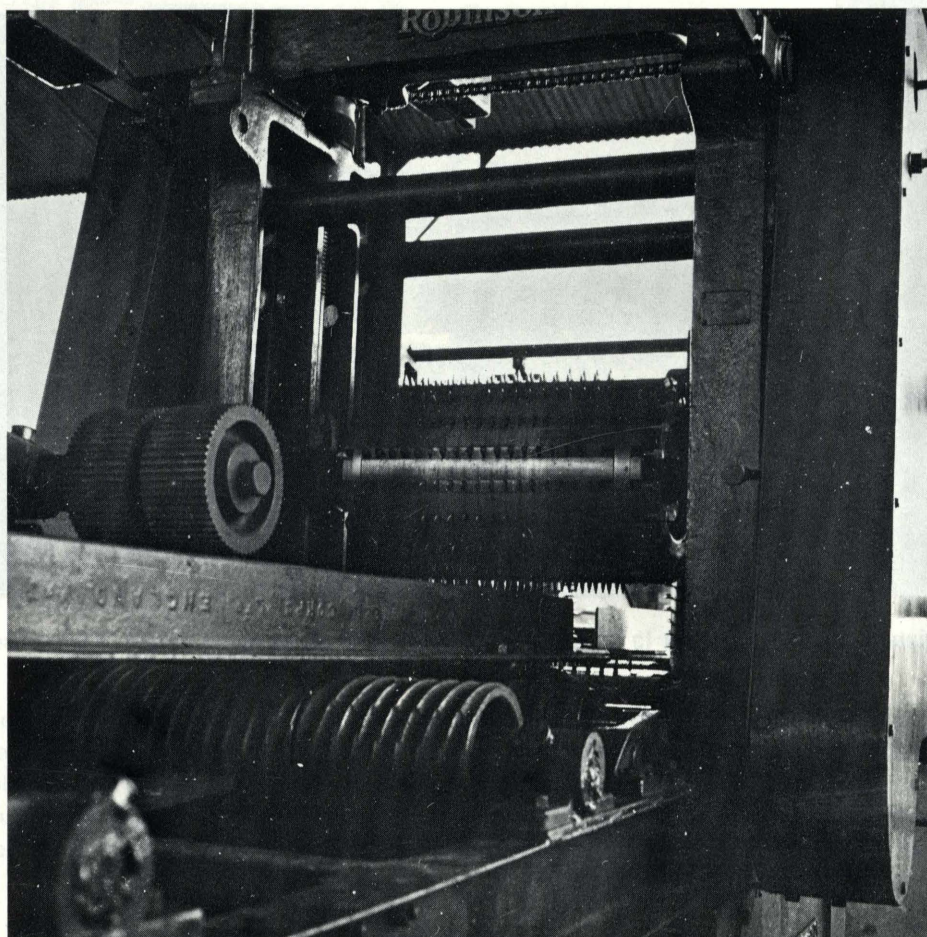
**Traviesas con incisiones a la salida del autoclave de creosotado** (Foto Fougerousse).

No obstante, en los países tropicales que no fabrican ellos mismos este producto y que, por tanto, deben importarlo, a veces desde muy lejos, es evidente que el precio del transporte tiene una gran influencia en el coste de la traviesa lista para su colocación. Sin embargo, en los países productores de petróleo existe una solución a este problema : es posible sustituir la creosota por una solución de pentaclorofenol y, eventualmente, lindano en aceites pesados. En este caso, sólo se deben importar las materias activas. La elección final deberá hacerse en función del balance económico de la operación.



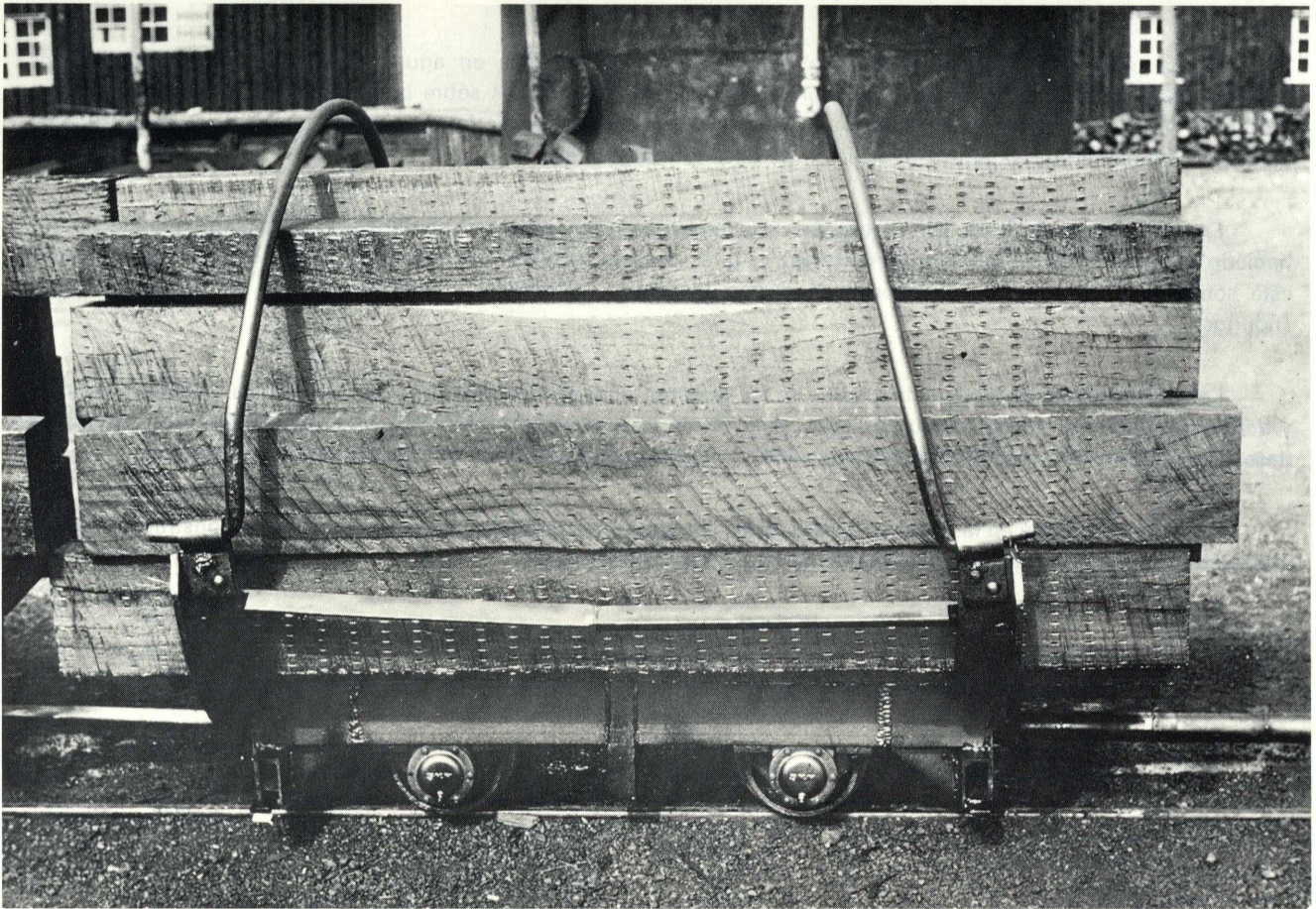


**Camerún : incisora de traviesas, vista de conjunto** (Foto Déon).

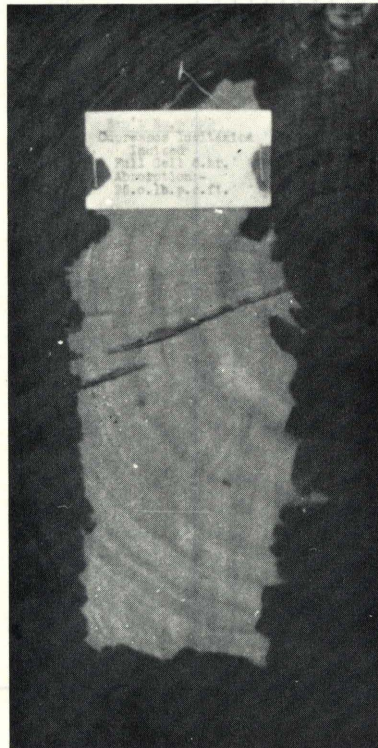
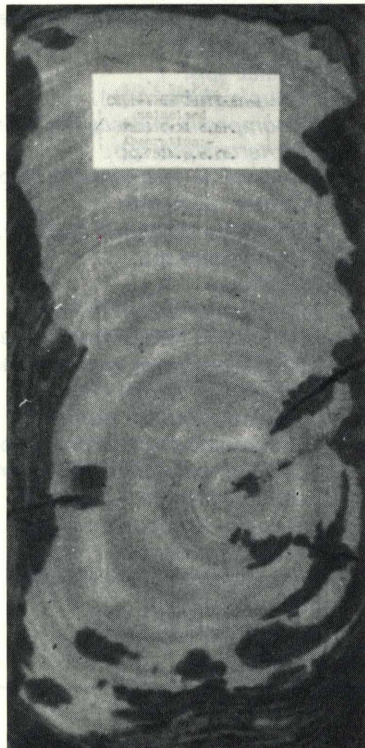


**Incisora de traviesas : observar los dientes sobre los rodillos** (Foto Déon).





**Africa del Sur : traviesas con incisiones y creosotadas** (Foto Fougerousse).



**Influencia de la incisión sobre la impregnación** (Foto Fougerousse).

**Izquierda : Sección transversal de la traviesa sin incisiones.**

**Derecha : Sección transversal de la traviesa con incisiones.**



Se ha pensado igualmente recurrir a productos salinos solubles en agua, de eficacia segura y utilizados satisfactoriamente en ciertos países. Pero con los conocimientos actuales sobre la resistencia al deslavado de estos productos al introducirlos en las maderas utilizadas corrientemente para la fabricación de traviesas, es más prudente mantener una cierta reserva ante la utilización de tales formulaciones.

En este capítulo dedicado a la protección de la madera escuadrada puesta en obra en contacto con el suelo, hemos hablado, sobre todo, de las traviesas de ferrocarril ya que, a nuestro entender, es una de las utilizaciones en que la madera está sometida a las mayores agresiones de origen mecánico (vibraciones, frotamientos...) y de origen biológico (hongos...).

Los problemas que afectan a la madera de los puentes, a los pilotes, etc. son muy próximos a los de las traviesas y deben considerarse con el mismo cuidado (elección de la especie en función de las propiedades físico-mecánicas deseadas, durabilidad y aptitud a la impregnación y, naturalmente, de la vida útil que se pretende alcanzar).

El lector encontrará en la Tabla VI la lista de las especies recomendadas para la realización de construcciones que utilizarán maderas que estarán constantemente en contacto con el suelo.

**TABLA VI**  
**Utilización de la madera en contacto con el suelo : especies recomendadas**

Denominación ATIBT	Procedencia	Nombre científico
Alep* . . . . .	Af	<i>Desbordesia glaucescens</i> V.T.
Azobé . . . . .	Af	<i>Lophira alata</i> Banks
Bilinga . . . . .	Af	<i>Nauclea diderrichii</i> Merrill
Billian . . . . .	As	<i>Eusideroxylon zwageri</i> Teijsm. & Binn.
Boco . . . . .	Am	<i>Bocoa provacensis</i> Aubl.
Bubinga . . . . .	Af	<i>Guibourtia</i> spp.
Chengal . . . . .	As	<i>Balanocarpus heimii</i> King
Congotali . . . . .	Af	<i>Letestua durissima</i> H. Lec.
Coula . . . . .	Af	<i>Coula edulis</i> Bail.
Eveuss* . . . . .	Af	<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre
Giam . . . . .	As	<i>Hopea</i> spp.
Gonfolo . . . . .	Am	<i>Qualea</i> spp.
Goupi . . . . .	Am	<i>Goupia glabra</i> Aubl.
Kempas . . . . .	As	<i>Koompassia malaccensis</i> Maing.
Keruing . . . . .	As	<i>Dipterocarpus</i> spp.
Kevazingo . . . . .	Af	<i>Guibourtia tessmannii</i> J. Léonard
Louro Vermelho . . . . .	Am	<i>Ocotea rubra</i> Mez
Maçaranduba . . . . .	Am	<i>Manilkara bidentata</i> A. Chev.
Manbarklak . . . . .	Am	<i>Eschweilera</i> spp.
Merbau . . . . .	As	<i>Intsia</i> spp.
Miama . . . . .	Af	<i>Calpocalyx heitzii</i> Pellegr.
Moabi . . . . .	Af	<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre
Movingui . . . . .	Af	<i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill.
Ngaba . . . . .	Af	<i>Librevillea klainei</i> Oyle
Nkaga . . . . .	Af	<i>Oddoniodendron normandii</i> Aubrev.
Oguomo . . . . .	Af	<i>Lecomtedoxa klaineana</i> Dubard
Okan . . . . .	Af	<i>Cylicodiscus gabunensis</i> Harms
Ovèngkol . . . . .	Af	<i>Guibourtia ehie</i> J. Léonard
Ozouga . . . . .	Af	<i>Sacoglottis gabonensis</i> Urb.
Padauk . . . . .	As	<i>Pterocarpus</i> spp.
Padouk . . . . .	Af	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.
Quebracho colorado . . . . .	Am	<i>Schinopsis</i> spp.
Tali . . . . .	Af	<i>Erythrophleum</i> spp.
Walaba . . . . .	Am	<i>Eperua</i> spp.

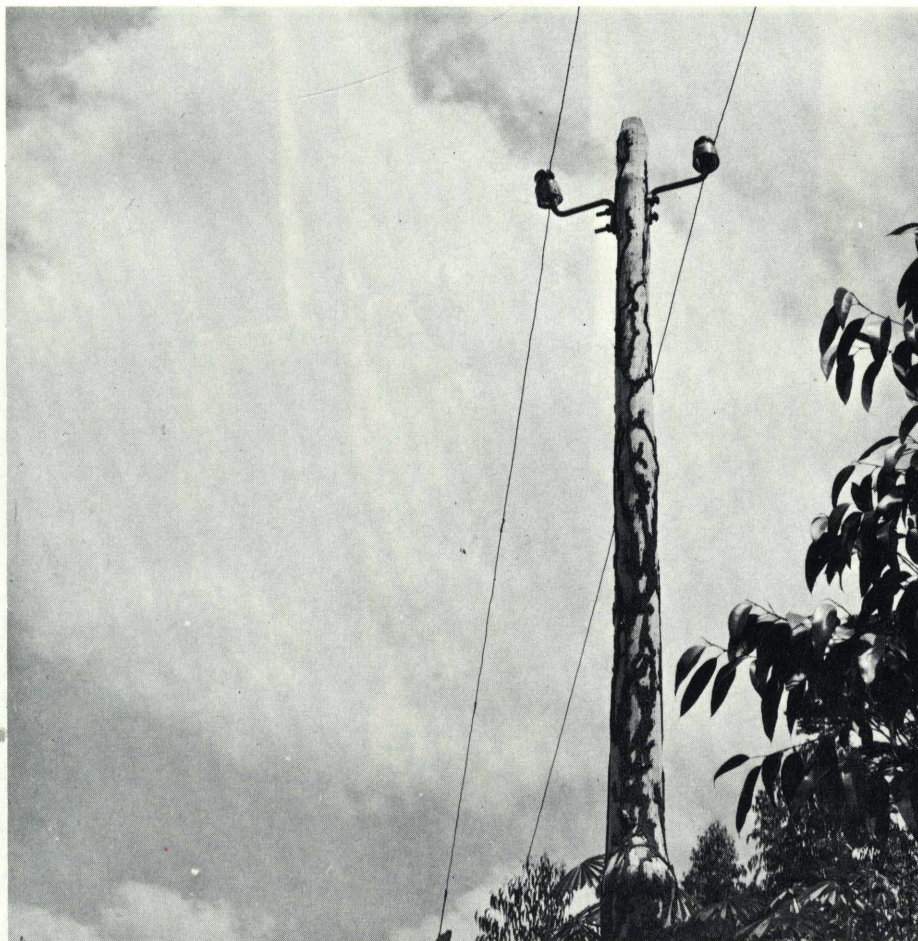
\* El ALEP y el EVEUSS figuran en la lista de la Tabla VI debido a su elevada resistencia físico-mecánica y a la buena durabilidad del duramen. Hay que resaltar, sin embargo, que estas dos especies poseen una corona de albura muy ancha que produce un porcentaje muy elevado de traviesas de albura : la albura de estas dos especies es muy poco resistente a los agentes destructores y su mala conservación a lo largo del secado puede conducir al rechazo de un importante número de traviesas.



## 7. PROTECCION DE LOS ROLLIZOS

### 7.1. PROTECCION DE POSTES

Antes de abordar los problemas técnicos, es interesante hacer una breve historia de la utilización de los postes en los países tropicales. Mientras que en los países industrializados, donde los problemas de electrificación y de telecomunicaciones se han planteado hace mucho tiempo, es tradicional utilizar la madera como soporte de las líneas telefónicas y eléctricas de baja tensión, no deja uno de sorprenderse de la pequeñísima proporción de postes de madera que se utiliza en los países tropicales. Se encuentran, sobre todo, postes de hierro, de hormigón armado y cuando se encuentran postes de madera, se comprueba que se trata de postes importados listos para su colocación, es decir, elaborados y tratados.



**Chimeneas de termitas sobre un poste de telégrafos en Gabón** (Foto Déon).

Existe un contrasentido cuando se piensa que estos postes se importan frecuentemente de muy lejos, con un gran gasto de divisas, mientras que nos encontramos en países donde, generalmente, la industria de la madera es una de las principales actividades económicas. Cual es la causa de que este hecho se produzca ?

El verdadero motivo de la caída en desuso de los postes de madera en zonas tropicales, está ligado a ensayos de utilización que se han llevado a cabo sin tener en cuenta los factores que rigen la conservación de la madera ; estos ensayos han dado a la madera mala fama, que no se corresponde con la realidad. Además, el hecho de utilizar fustes de pequeño diámetro implica la presencia de una gran corona de albura (de durabilidad mediocre, por regla general) y que constituye un handicap, pero que, como veremos más adelante, no es insuperable, sino que por el contrario, se puede explotar de forma útil.

Se está produciendo, afortunadamente, un cambio brusco en la situación al haber comprendido los responsables, que la utilización de postes de madera podía, bajo reserva de tomar ciertas precauciones, contribuir al desarrollo, en su país, de la electrificación y de las telecomunicaciones y, además, a un coste interesante.



### 7.1.1. Agentes de degradación de los postes

Ciertamente, es en los postes directamente enterrados en el suelo donde la madera está expuesta a las condiciones de conservación más desfavorables, es decir, las más propicias para el ataque de hongos y termitas, todavía más que en la utilización de maderas escuadradas para traviesas de ferrocarril.

El lector poco preparado, podría pensar que la parte de los postes que está enterrada es la más amenazada, pero numerosas observaciones han demostrado que es la zona situada al nivel del empotramiento en el suelo, donde se producen los ataques más graves. Pensándolo bien, esto es lógico ya que es en este lugar donde los hongos encuentran la relación oxígeno-agua más favorable para su desarrollo. Estas últimas observaciones no deben hacer olvidar que la parte enterrada y en menor medida, la parte aérea, pueden verse afectadas por graves alteraciones y que las medidas de protección, reforzadas, si es posible, en la base del fuste, deben afectar obligatoriamente a toda la longitud del poste.



**Poste de *Pinus patula* : fuerte pudrición al nivel del suelo** (Foto : Fougousse).

Si no se toma ninguna medida de protección, un poste colocado en las condiciones reinantes en los países tropicales, no puede tener una duración en servicio superior a 8-9 años, incluso si su madera pertenece a una especie cuya durabilidad natural se considera buena (la excepción a esta regla la proporcionan especies poco abundantes y que presentan inconvenientes indudables, como son una excesiva densidad, o una elaboración difícil). Es evidente que la duración citada es totalmente insuficiente. Una línea de distribución de energía, requiere una inversión elevada que se intenta amortizar en un tiempo máximo, disminuyendo los gastos de mantenimiento; las sustituciones parciales y frecuentes de postes son una carga muy pesada desde el punto de vista financiero. Lo mismo que ocurre con las traviesas de ferrocarril, no se puede pensar en la utilización rentable de postes de madera si no se les ha aplicado un tratamiento de protección adecuado.

### 7.1.2. Como prever el suministro de postes en los países tropicales ?

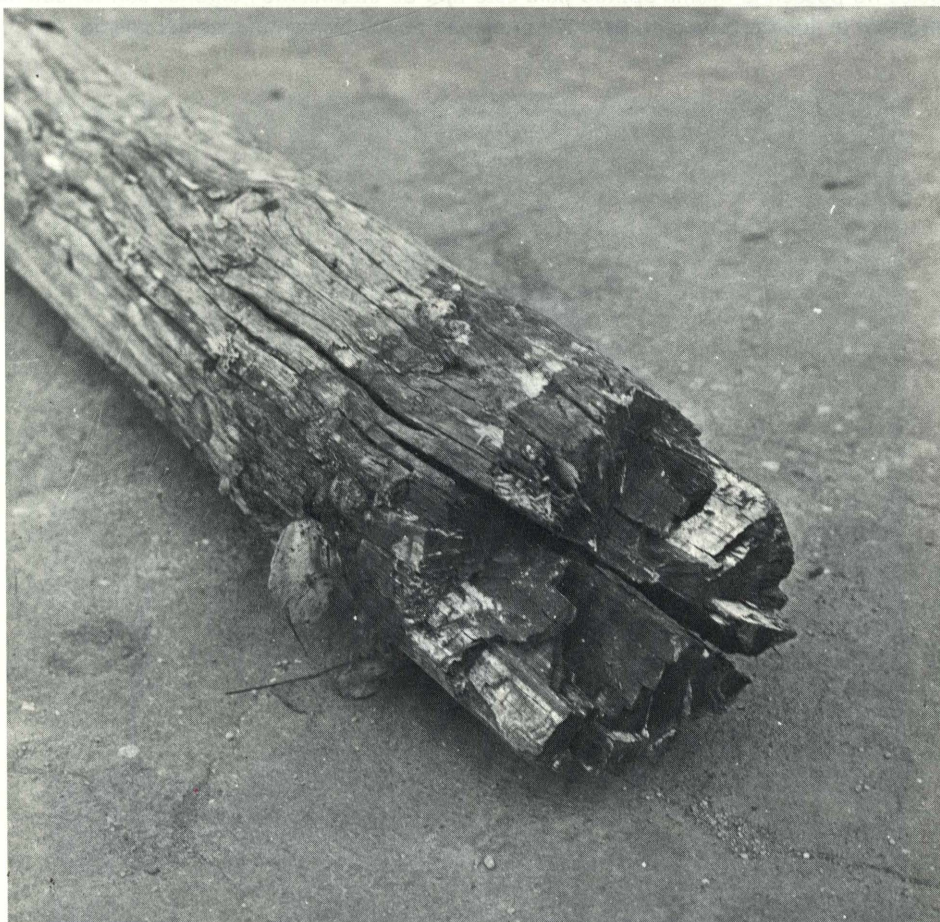
Este problema no afecta directamente a la protección de maderas, pero no sería normal no abordarlo aquí. En los países templados en los que crecen especies resinosas, éstas proporcionan la totalidad de los postes de madera y sus



formas de protección están totalmente puestas a punto, lo mismo si se trata de un tratamiento por el sistema Boucherie (impregnación por desplazamiento de savia de postes recién apeados, con sales hidrosolubles) o de un tratamiento de impregnación a presión.

En las zonas tropicales en que las coníferas son escasas, o incluso carecen totalmente de ellas, los postes de madera son obligatoriamente de frondosas, algunas de las cuales pueden proporcionar soportes de líneas con igual aspecto y de tan buena calidad como los procedentes de coníferas. Pero hay que subrayar que **sería una aberración querer obtener postes del bosque natural. Técnicamente y económicamente, la solución más válida consiste en obtenerlos de plantaciones.**

De este forma, Côte-d'Ivoire y Togo utilizan cada vez en mayor cantidad postes de Teka procedentes de sus propias plantaciones ; Ghana y Nigeria hacen lo mismo con *Strombosia pustulata* (Afina) y *Nauclea diderrichii* (Bilinga), respectivamente.



**Poste de Eucalyptus : ruptura al nivel de la zona de empotramiento en el suelo al cabo de 8 años de servicio por pudrición blanda y pudrición clásica (Foto Fougerousse).**

### 7.1.3. Como prever el tratamiento químico de los postes ?

En el estado actual de las técnicas de protección de maderas y teniendo en cuenta los riesgos de ataque que corren, sólo se pueden considerar dos sistemas para el tratamiento ; estos son : el sistema de impregnación por desplazamiento de savia (sistema Boucherie) y el sistema de impregnación a presión en autoclave.

#### 7.1.3.1. Sistema de impregnación por desplazamiento de savia

Este método se ha estudiado, en su principio y en su aplicación práctica, en un capítulo especial (páginas 69-73) y no trataremos el tema de nuevo. Recordaremos únicamente que este sistema, en el que se utilizan productos salinos solubles en agua y que sólo requiere un material sencillo y relativamente barato, ofrece varias ventajas :



- Los postes deben ser tratados en estado verde, por lo que no se plantea el problema de su conservación a lo largo del secado.
- La base del poste retiene generalmente mayor cantidad por unidad de volumen, de producto protector que la punta, circunstancia que coincide con la necesidad de aplicar una protección más fuerte a la base, como se ha visto anteriormente.
- El coste del tratamiento es relativamente módico.

A estas ventajas, se contraponen ciertos inconvenientes :

- El sistema de desplazamiento de savia, por su propio principio, sólo permite tratar la albura ; supongamos también que el duramen no tiene una buena durabilidad. Qué va a ocurrir ? La albura convertida en resistente gracias al tratamiento, permanece intacta, mientras que el duramen será más o menos rápidamente destruido por los hongos y las termitas.
- La obligación de tratar los postes verdes y con corteza exige una organización muy estricta de la explotación que, prácticamente, sólo se puede llevar a cabo en las plantaciones.
- Todas las especies no poseen la misma aptitud para este tipo de tratamiento ; algunas son refractarias ; otras, por el contrario, dejan pasar el líquido protector, pero sólo retienen pequeñas cantidades del mismo.



Francia : torre de un taller industrial « Boucherie » (Foto Coudreau).



La puesta a punto del procedimiento de tratamiento de una especie determinada por el sistema Boucherie, exige un importante trabajo de investigación, como el que ha realizado el CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL en Madagascar con postes de *Eucalyptus robusta*.

En cualquier caso, es necesario utilizar sales que, una vez en el interior de la madera, se fijen y sean poco deslavables. El empleo en zonas tropicales de sulfato de cobre simplemente, como se hace en Europa para el tratamiento de postes de coníferas, se debe abolir. Es preferible dirigirse, más bien, hacia productos del tipo cobre-cromo-arsénico ó, a falta de ellos, del tipo cobre-cromo-boro o cobre-cromo-flúor.

Como hemos hecho resaltar anteriormente, al no estar tratado el duramen, es aconsejable aportar una protección suplementaria a la base del poste (poste enterrado, zona de empotramiento y, para mayor seguridad, la zona situada a 70-80cm por encima del suelo). Esta protección suplementaria se puede obtener aplicando una creosota ligera por el procedimiento de inmersión caliente-fría, que se puede describir brevemente de la forma siguiente :

- se sumerge el poste, descortezado, verticalmente en la creosota contenida en el depósito caliente (temperatura : 90 °C), de forma que el nivel de la creosota alcance los 70-80cm del poste por encima de lo que vaya a estar enterrado, y se mantiene así durante 4-5 horas.

El aire contenido en las células de la madera se dilata y es expulsada, en parte :

- Al cabo de las 4-5 horas de inmersión en la creosota caliente, se sacan los postes y se sumergen inmediatamente en creosota fría, contenida en un depósito contiguo. Se los deja durante 12 horas por lo menos ; es durante este período cuando se realiza la verdadera impregnación.
- Se sacan los postes del depósito frío y se los coloca sobre soportes que los aislen del suelo para que escurran.

Es evidente que un tratamiento de este tipo no aporta nada más que una protección superficial ; la creosota tiene aquí, como papel principal, reforzar la barrera contra los hongos y las termitas y, debido a sus propiedades hidrófugas, impedir o retardar el deslavado de los productos salinos subyacentes. Para que este doble tratamiento se haga bien, es conveniente que, después de la primera impregnación por el procedimiento de desplazamiento de savia, los postes se sequen suficientemente para que, al realizar el tratamiento complementario con la creosota, ésta encuentre en la madera un lugar disponible ; esto significa que las dos operaciones deben estar separadas por un período tal que permita que la madera de la corona periférica impregnable alcance una humedad inferior al 25%.

#### 7.1.3.2. Impregnación a presión en autoclave (sistema Bethell)

Este sistema se ha descrito anteriormente y no volveremos sobre el tema en este apartado. Recordaremos, simplemente, la necesidad de que la madera esté correctamente seca en el momento de la impregnación. El secado de los postes debe realizarse de forma que, se evite la aparición de alteraciones físicas (fendas) o biológicas (pudrición e insectos) que afecten a su calidad. El conocimiento del comportamiento de los postes de una especie determinada durante el secado, es un criterio muy importante para la calificación de esa especie. En lo referente a las medidas de protección de los postes a lo largo del secado, es importante subrayar que, es ilusorio pensar en aplicar un tratamiento fungicida temporal. Únicamente pueden conducir a la obtención de resultados satisfactorios un mantenimiento serio de la zona de secado de las maderas (evacuación de los residuos, desbroce periódico...), una buena constitución y una buena aireación de las pilas que favorecen un secado rápido. Por el contrario, el riesgo de ataque por insectos xilófagos puede reducirse considerablemente mediante un tratamiento periódico por pulverización o espolvoreo de un insecticida apropiado.

Cuando han alcanzado una humedad del orden de 25-30%, se pueden practicar los taladros y las entalladuras necesarias en los postes y, por último, impregnarlos por el sistema Bethell.

Qué productos utilizar ? Se pueden proponer dos soluciones :

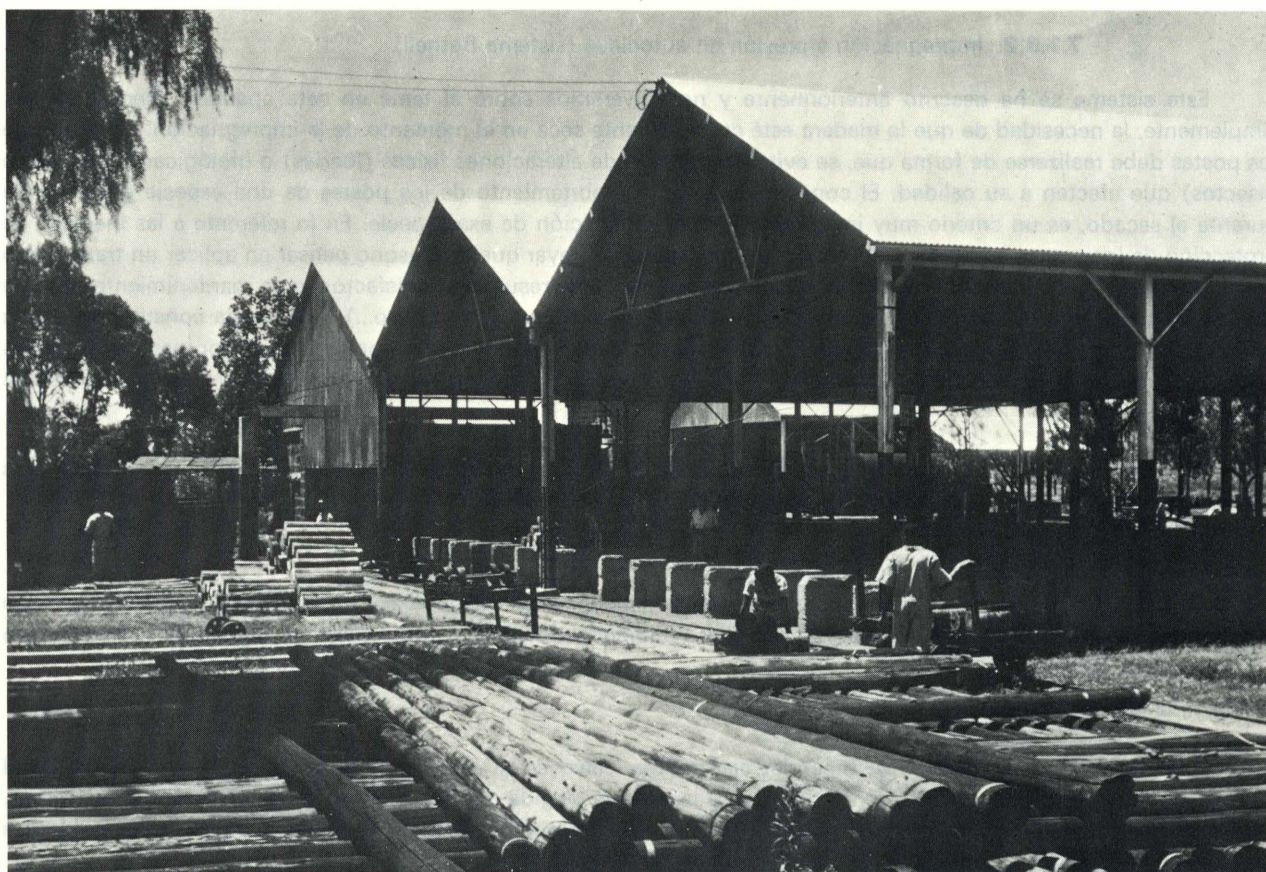
- o bien la utilización de productos salinos en solución acuosa de buena fijación (entre los cuales los del tipo cobre-cromo-arsénico ofrecen las mejores garantías ; pudiéndose también utilizar sales del tipo cobre-cromo-boro o cobre-cromo-flúor),
- o bien, el empleo de creosota.

Estaríamos más inclinados a recomendar esta última, salvo en el caso en que se conociera con seguridad el comportamiento del producto salino en el interior de la especie elegida (distribución de los elementos constituyentes, intensidad de la fijación, etc.). Pero hay que advertir que, ese comportamiento es frecuentemente desconocido para las especies cuya utilización, como soportes de líneas, se quiere promover.





**Madagascar : secado de postès de Eucalyptus** (Foto C.T.F.T.).



**Postes en espera de ser tratados a presión en autoclave** (Foto Fougerousse).



#### 7.1.4. Conclusión

El desarrollo de la electrificación y de las telecomunicaciones en los países tropicales, lleva consigo una demanda creciente de postes. Los responsables locales disponen de dos soluciones :

- o bien la elección del poste de hierro u hormigón que, actualmente, deberán importar, bien acabado o bien en forma de materia prima (como el cemento),
- o bien el establecimiento de una política de promoción de especies locales para postes, entendiendo que la utilización de postes de madera está obligatoriamente ligada a la aplicación de un tratamiento serio de protección química y, por tanto, a la implantación de plantas de tratamiento bien estudiadas.



**Côte-d'Ivoire : tratamiento de la base en los postes por el sistema de inmersión caliente y fría**  
(Foto Fougerousse).

#### 7.1.5. Resumen

En la utilización de postes directamente empotrados en el suelo, es donde la madera está sometida a las condiciones más propicias para el ataque de hongos y de termitas ; en un poste colocado en tierra, toda la masa de la madera puede ser atacada más o menos pronto, pero la parte enterrada y la zona de empotramiento del poste en el suelo son las más expuestas.



**La utilización de postes de madera sin tratar es un grave error** y si se quiere que estos tengan una vida útil satisfactoria, hay que prever la aplicación de un tratamiento protector serio con productos muy eficaces. Este tratamiento se puede efectuar :

- bien según el procedimiento de desplazamiento de savia (sistema Boucherie) utilizando productos salinos, seguido eventualmente, después del secado de los postes, de la fijación de las sales y del descortezado, por un tratamiento complementario de la base por inmersión caliente y fría en creosota,
- bien por impregnación en autoclave (sistema Bethell) con creosota o sales.

Estos dos métodos presentan ventajas e inconvenientes. En definitiva, la elección del o de los métodos depende de las condiciones locales de la explotación, de las inversiones posibles, de las especies disponibles, del número de postes a tratar cada año, etc.

Cualquier problema de los soportes de líneas aéreas es específico de un país o de una región y sólo se puede llegar a una respuesta válida mediante la realización de un estudio profundo de todos sus parámetros.

## 7.2. PROTECCION DE PIQUETES, ESTACAS Y OTROS ROLLIZOS DE PEQUEÑAS DIMENSIONES

El apartado anterior, dedicado a la protección de postes, afecta principalmente a las sociedades responsables del desarrollo de la electrificación y de las telecomunicaciones en los países tropicales, y no concierne, en absoluto, al artesano local o al campesino.



**Estaca de Eucalyptus sin tratar después de 3 años de servicio : ataques de termitas** (Foto Thiel).



Los piquetes, estacas y otros rollizos de pequeño diámetro se emplean generalmente de una forma artesanal, y por tanto, a relativamente pequeña escala, y aunque teóricamente los problemas de conservación son idénticos a los planteados para los postes, no conviene tratarlos de la misma forma. Es evidente que, tanto para los pequeños rollizos como para los postes, se intentará obtener la máxima duración posible en servicio. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la vida en servicio no se plantea en los mismos términos (técnicos y económicos) para una cerca que para una línea de transporte de energía, al ser mucho más fácil la sustitución de una estaca que de un poste y no ocasionar las mismas perturbaciones...

Estas consideraciones muestran que, aunque es impensable, por ejemplo, hacer una fuerte inversión en una planta de impregnación a presión para tratar algunos cientos de estacas para cercas es, no obstante, muy deseable aumentar sensiblemente la vida útil normal de las estacas y los piquetes, a través de métodos de protección muy rústicos, pero utilizando productos de gran eficacia.

El primer punto a subrayar es que, **el pincelado o la inmersión de piquetes o estacas descortezados, secos al aire, con o en un producto protector en disolvente orgánico, o con mayor motivo, en solución acuosa, son completamente inoperantes**, la profundidad de penetración y, por consiguiente, la protección aportada, son generalmente insuficientes. Es igualmente falsa la idea de que, un simple pincelado o una inmersión de la madera en aceite industrial, aumente la duración en servicio de las estacas.

En el estado actual, son posibles cuatro métodos de tratamiento: impregnación, desplazamiento de savia, sustitución de savia y tratamiento en autoclave rústica.

#### 7.2.1. Tratamiento por impregnación a presión

Es la solución técnicamente mejor y el tratamiento de las estacas no se diferencia en nada del de postes eléctricos o telefónicos (madera seca al aire y descortezada). Sólo se puede pensar en este tratamiento cuando el artesano o el campesino tiene acceso a una planta de impregnación a presión **ya instalada** (para el tratamiento de postes, de traviesas...).

#### 7.2.2. Tratamiento por desplazamiento de savia



**Tratamiento de una estaca de Eucalyptus por desplazamiento de savia** (Foto Thiel).



Se han hecho estudios por el CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL en Madagascar, sobre el tratamiento por desplazamiento de savia de varas y estacas de Eucaliptos y de Pinos. Los resultados obtenidos, muy satisfactorios, nos llevan a desarrollar el tema. No volveremos sobre los principios mismos del método, pero nos gustaría mostrar al lector un ejemplo del tratamiento, a la vez simple y eficaz, fácilmente aplicable en todos los países. En el capítulo dedicado al sistema Boucherie, hemos pasado por alto voluntariamente las mejoras sucesivas aportadas a los tapones de empalme, pero nos parece interesante describir aquí el material utilizado en Madagascar.

La figura 8 representa el corte longitudinal de un tapón colocado sobre una estaca. El tapón comprende :

- Un cuerpo cilíndrico metálico (A), de diámetro apropiado, provisto en un extremo, de la tubería de alimentación (B) por donde llega la solución protectora, y en el otro, de una brida (C) que permite mantener la junta de estanqueidad (D) ; un tirafondo (E) centrado en el fondo del cuerpo cilíndrico que permite, atornillándolo, fijar el tapón al extremo del elemento a impregnar.
- Un dispositivo de estanqueidad constituido por una junta de goma (recortada de una cámara de rueda de camión).
- Una contrabrida (F) que permite fijar la junta de goma al cuerpo del tapón.

Las diferentes fases de colocación del tapón son : descortezado de la base de la estaca en una longitud igual a la del cuerpo del cilindro, redondeado de la arista de la testa para facilitar la colocación del tapón, colocación del tapón a tope contra la corteza, perforación (con una barrena) de un pequeño orificio, en el eje, para el paso del tirafondo ; finalmente, se aprieta a fondo este último.

Una vez colocado el tapón, la fase de tratamiento propiamente dicho puede comenzar.

### TAPON UTILIZADO EN MADAGASCAR DESDE 1973 (Modelo C.T.F.T.)

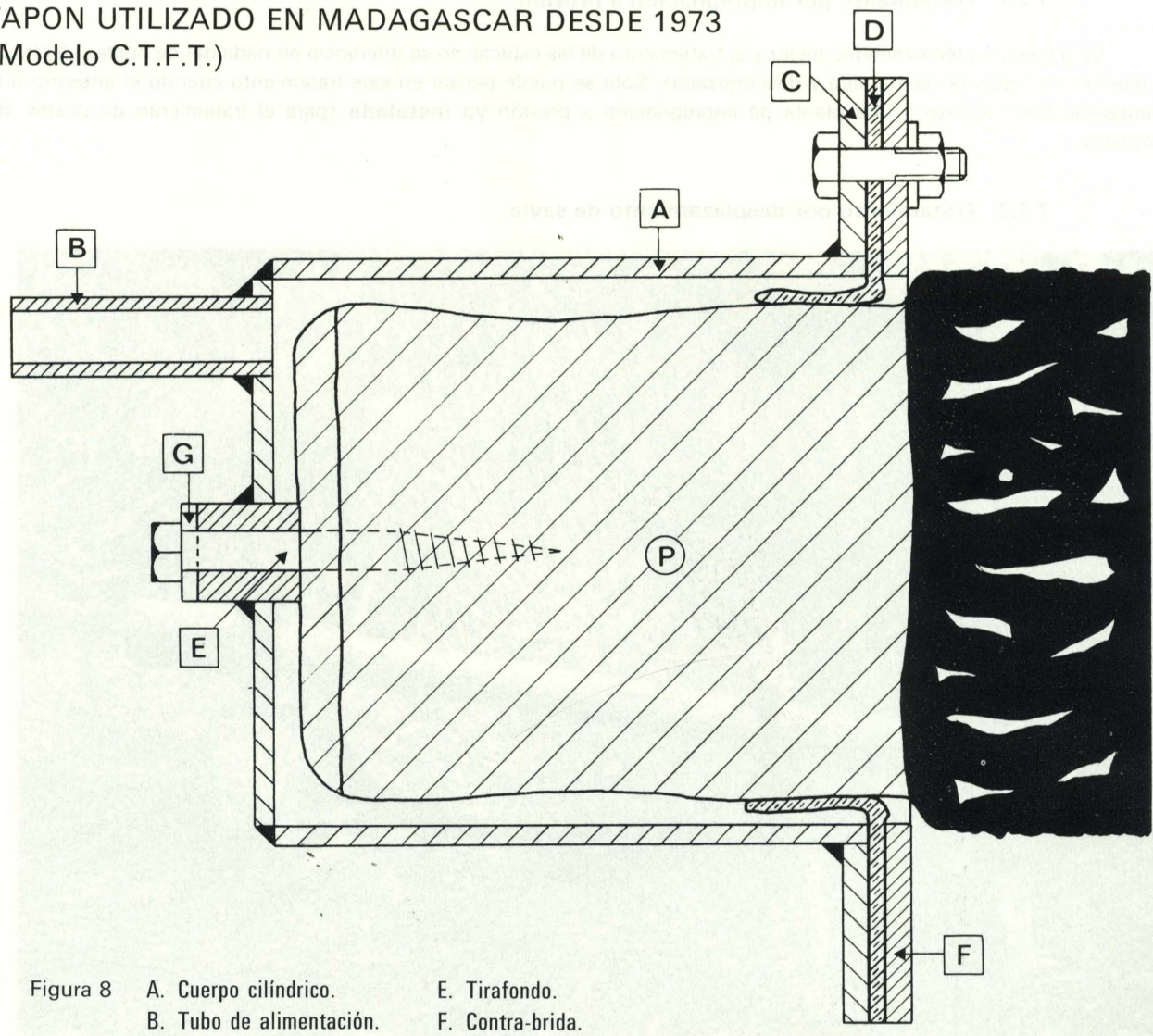


Figura 8    A. Cuerpo cilíndrico.                      E. Tirafondo.  
               B. Tubo de alimentación.           F. Contra-brida.  
               C. Brida de fijación.                G. Junta.  
               D. Junta de estanqueidad.        P. Estaca descortezada en la base.



Las ventajas de este tipo de tapón son : una colocación rápida (del orden de 3 minutos), muy buena seguridad de empleo, una estanqueidad muy satisfactoria, coste poco elevado (valorado en 1974 en 2 000 francos malgaches aproximadamente).

Antes de terminar este apartado dedicado al tratamiento por desplazamiento de savia de estacas y varas, conviene recordar lo que dijimos anteriormente al estudiar el tratamiento de postes por el sistema Boucherie : todas las especies no presentan la misma aptitud al tratamiento por este sistema y los buenos resultados obtenidos con los Eucaliptos y los Pinos en Madagascar, no implican que ocurra lo mismo con otras especies. Aquí también son necesarios unos ensayos previos.

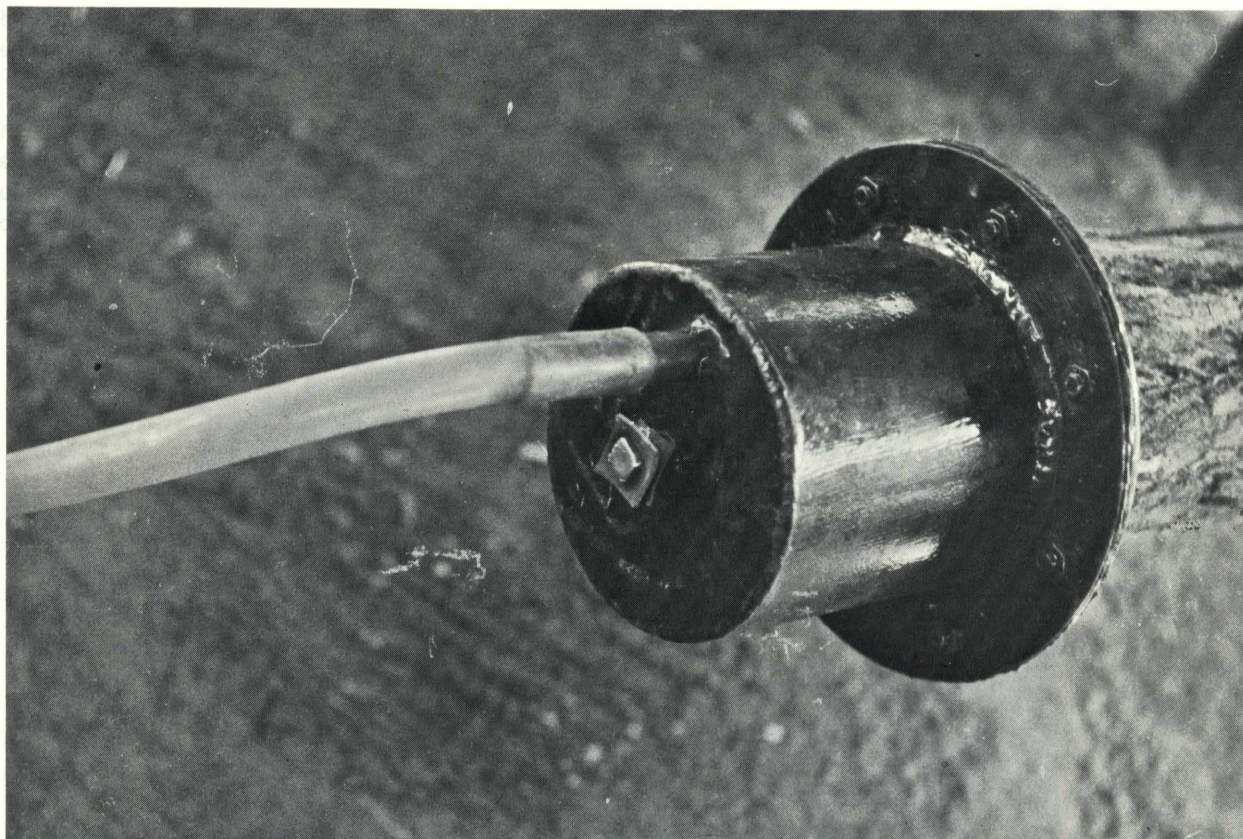


**Tratamiento de estacas y varas de Eucalyptus en una instalación temporal. Se utiliza un desnivel natural para obtener la presión necesaria** (Foto Thiel).

### 7.2.3. Tratamiento por sustitución de savia (o inmersión prolongada en soluciones salinas)

Ya hemos evocado este método en la página 73. No aporta nada más que una protección mediana, por lo que se han emprendido experimentaciones de otro tipo que consisten en sumergir totalmente (en posición horizontal), estacas descortezadas recién apeadas, en depósitos que contienen productos salinos (Tipo C.C.A.-C.C.B.-C.C.F. a una concentración del 5%). Las especies ensayadas han sido *Eucalyptus robusta* y *Pinus kesiya*, y la duración del tratamiento, de 7 días. Las retenciones son variables (en función de la especie considerada y del tipo de producto), pero los ensayos de campo han mostrado que, después de seis años de colocación en el campo, las estacas tratadas estaban libres de todo ataque. Esto parece indicar que sería sensato continuar por esta vía. Un tratamiento de este tipo podría resolver fácilmente el problema de conservación de estacas y piquetes.





**Tapón utilizado en Madagascar desde 1973 para el tratamiento de estacas por desplazamiento de savia**  
(Foto Thiel).

#### 7.2.4. Tratamiento en autoclave rústica

Este método, experimentado en Australia y después en Madagascar, nos parece interesante ; puede, en efecto, realizarse fácilmente y no requiere un material importante.

##### 7.2.4.1. Descripción de la instalación

Esquemáticamente, el equipo comprende (ver figura 9) : un depósito de alimentación, un tubo de alimentación y un autoclave rústica.

- **Depósito de alimentación (B)** : De forma paralelepípedica, el depósito de alimentación se puede realizar a partir de chapas planas galvanizadas de 2 mm de espesor. Sus dimensiones serán función del volumen del autoclave. Para obtener la presión necesaria para el funcionamiento del aparato, este depósito puede estar colocado sobre una « torre » de construcción artesanal, sobre el tejado de un edificio o sobre un montículo (cerro, colina) que proporcione el desnivel deseado (presión utilizable de 0,7 a 0,8 kg/cm<sup>2</sup>).
- **Tubo de alimentación (C)** : Desde el depósito de alimentación, la solución protectora salina desciende por una canalización flexible, hasta la válvula de retención (H) fijada sobre el autoclave (D).
- **Autoclave (D)** : El autoclave puede estar fabricado con chapas planas negras de 4 mm de espesor, soldadas entre sí con soldadura autógena. Está compuesto de los elementos siguientes :
  - un cuerpo metálico paralelepípedo,
  - una puerta estanca móvil (E) : (la estanqueidad se obtiene mediante una junta de goma (F) apretada entre la puerta y el cuerpo del autoclave mediante pernos metálicos),
  - una válvula de retención (H) : soldada a la parte superior del autoclave,
  - un grifo de purga (G) : situado en las proximidades de la válvula (H),
  - un grifo para el vaciado (I).

El autoclave descansa sobre una cuna de madera.



## TRATAMIENTO EN AUTOCLAVE RUSTICA

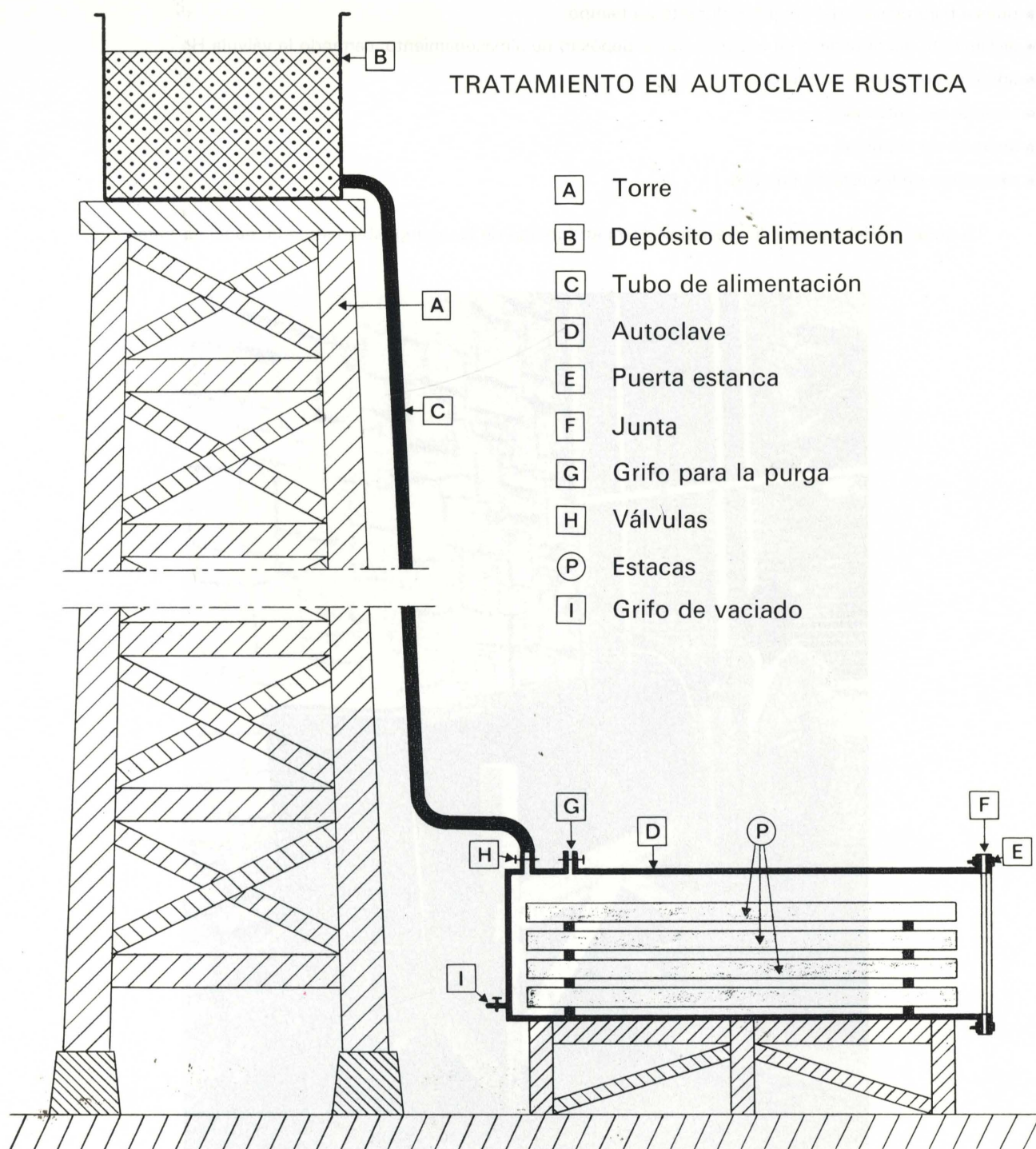


Figura 9

### 7.2.4.2. Conducción del tratamiento

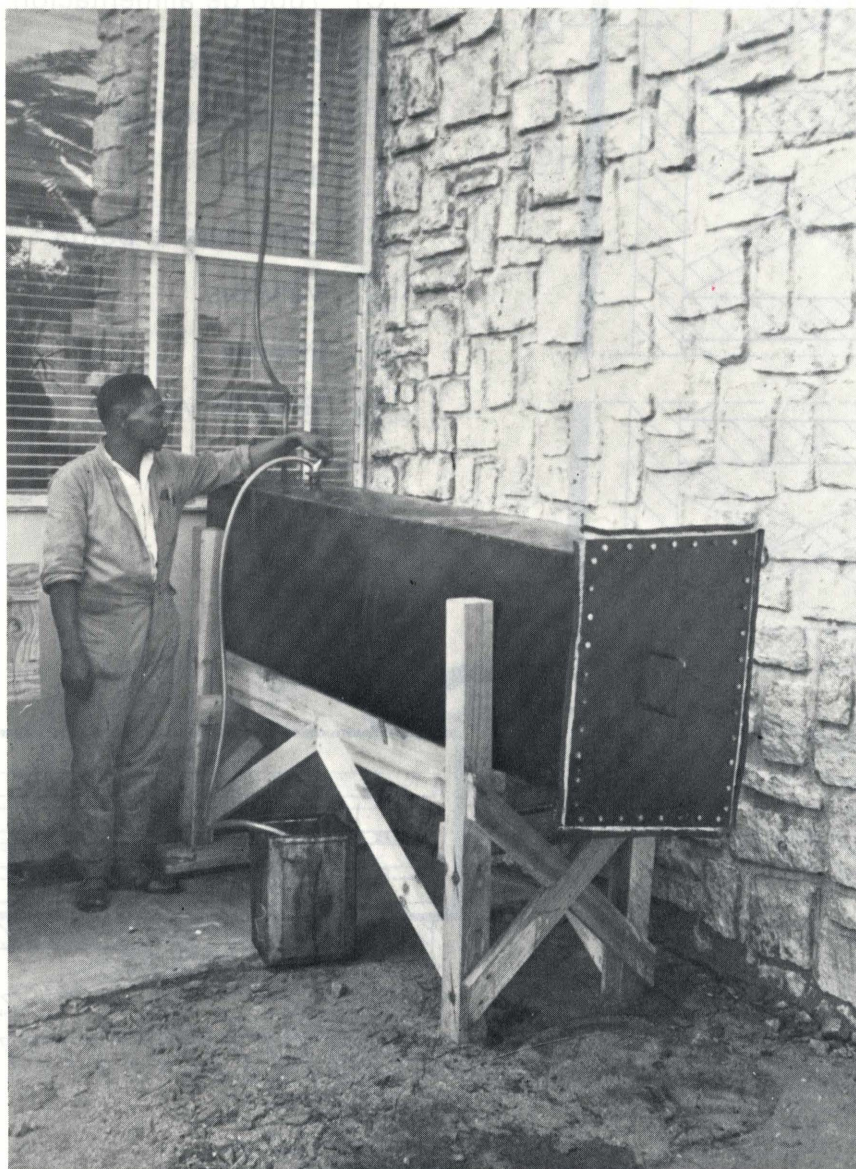
Las sucesivas fases de una operación de tratamiento son las siguientes :

- introducción de las **estacas secas al aire y descortezadas** en el autoclave,
- cerrado de la puerta de forma estanca,
- llenado del autoclave con la solución protectora,
- purga del aire que se encuentra en el autoclave,



- puesta bajo presión del conjunto durante un tiempo,
- aislamiento del autoclave en relación con el depósito de almacenamiento, cerrando la válvula H,
- apertura del grifo de purga G,
- vaciado del autoclave,
- apertura de la puerta,
- extracción de las estacas tratadas.

La duración del periodo de presión se fijará en función de la impregnabilidad de la madera a tratar.



**Autoclave rústica en Madagascar** (Foto Thiel).

#### 7.2.4.3. Resultados obtenidos

**Este procedimiento sólo permite impregnar la albura.** Las retenciones en producto protector varían mucho con la especie considerada y, naturalmente, con la concentración de la solución de tratamiento. Corresponde al usuario de este procedimiento fijar los parámetros de impregnación para obtener la protección óptima.



### 7.2.5. Conclusión

En el momento actual, la mayoría de los rollizos de pequeño diámetro utilizados en los países tropicales, no reciben ningún tratamiento químico previo a su puesta en obra. Incluso, si las especies elegidas tienen una buena durabilidad natural, la duración en servicio de estacas y piquetes plantados en tierra es muy corta (de 1 a 3 años). Esto implica unas sustituciones frecuentes y abundantes y, actualmente, en este campo de utilización de la madera, que representa un volumen de madera nada despreciable, todavía no se ha aceptado la protección. Es de desear que este capítulo, que indica los medios para prolongar, de manera apreciable, la duración en servicio de estacas y piquetes, contribuya a cambiar la situación.

### 7.2.6. Resumen

No se puede esperar que una estaca o un piquete puestos en tierra sin protección química previa, tengan una vida en servicio larga, incluso aunque la especie utilizada esté considerada como de buena durabilidad natural. Esto es consecuencia de que, los rollizos de pequeño diámetro proceden, generalmente, de árboles jóvenes que contienen una importante proporción de albura poco durable y que la madera, cuando está en contacto con el suelo, está expuesta a las condiciones más desfavorables para su conservación.

Es por consiguiente necesario, si se quieren evitar las reposiciones excesivamente frecuentes, aportar a las estacas una protección artificial complementaria. Los diferentes métodos de tratamiento que podrían aplicarse son :

- Impregnación a presión de los rollizos descortezados, secos al aire (con creosota o sales de gran eficacia y resistentes al deslavado). Esta solución no es económicamente aceptable, a no ser que exista una planta de tratamiento en los alrededores (para el tratamiento de postes, traviesas, etc.).
- Impregnación por desplazamiento de savia de estacas o piquetes sin descortezar y recién apeados (con un producto hidrosoluble adecuado).
- Inmersión prolongada (1 semana) de los rollizos descortezados y recién apeados en una solución salina protectora eficaz.
- Tratamiento en autoclave rústica de estacas descortezadas y secas al aire (con una solución acuosa de un protector del tipo cobre-cromo-arsénico, por ejemplo).

Hay que destacar que los tres últimos procedimientos son particularmente sencillos, de una ejecución fácil y a un coste abordable. Deberían permitir una utilización racional y económica de los rollizos como soportes de cercas, empalizadas y construcciones rurales.

## 8. PROTECCION DE LOS TABLEROS CONTRACHAPADOS

Los tableros han tomado a lo largo de los años una importancia cada vez mayor en la construcción, muebles, encofrados, etc. Inicialmente, entre las especies africanas era el Okoumé la especie de desarrollo por excelencia ; tanto en países tropicales como en los de zonas templadas, los tableros contrachapados de Okoumé gozan de referencias de utilización antiguas, numerosas y muy diversificadas, y han demostrado su calidad, en particular respecto de su conservación, generalmente muy satisfactoria en utilizaciones en que se exponen a riesgos limitados de ataques.

Desde hace un cierto tiempo, estamos asistiendo a una diversificación en cuanto al aprovisionamiento de las fábricas de desarrollo ; numerosas especies han demostrado su aptitud al desarrollo, bien directamente (en trozas verdes), bien después de un estufado. Es en ese momento cuando se ha planteado el problema de la protección y la conservación de los tableros contrachapados. Lo mismo que para la madera maciza puesta en obra, los riesgos de alteración que pueden sufrir los tableros dependen, en definitiva, de las condiciones de utilización y se pueden definir, a este respecto, tres tipos de exposición :

- utilizaciones en las cuales el tablero está protegido de todo riesgo de humidificación,
- aquellas en las cuales el tablero puede estar sometido a rehumidificaciones accidentales y de corta duración,
- aquellas en las que los contrachapados están sometidos a algunas rehumidificaciones, periódicas e inevitables.



### 8.1. UTILIZACIONES EN LAS CUALES EL TABLERO ESTA PROTEGIDO CONTRA TODO RIESGO DE HUMIDIFICACION

En estos empleos que corresponden, en general, a una utilización de los contrachapados en el interior de los edificios, un tablero puesto en obra seco, permanece seco y se encuentra automáticamente a cubierto de cualquier ataque de hongos ; no ha lugar, por tanto, pensar en un tratamiento fungicida. Por el contrario, la buena conservación del tablero sólo está asegurada en la medida en que resista de forma natural o a través de un tratamiento apropiado, a la acción de ciertos insectos xilófagos : los Lícidos, Bostríquidos y también las termitas.

Hemos visto, en un capítulo anterior, que la sensibilidad de la madera a los ataques de los Lícidos y de los Bostríquidos está ligada a la presencia de almidón en los tejidos. El almidón es una sustancia de reserva : se encuentra, por tanto, localizado en la albura en las especies de duramen diferenciado ; hay que destacar, una vez más, que el duramen no tiene nada que temer de estos insectos. Pero hay que llamar la atención del lector sobre las especies que no poseen duramen bien diferenciado, en las cuales el almidón puede estar presente en toda la masa del rollo, y que son, con frecuencia, excelentes maderas de desarrollo : la prudencia aconseja considerar que estas especies den una madera uniformemente sensible y aplicarla los tratamientos protectores indispensables. La lista dada en la Tabla VII, reúne un cierto número de especies tropicales susceptibles de ser utilizadas para la fabricación de tableros contrachapados y que pertenecen al tipo que acabamos de definir.

El tratamiento que esas especies deben recibir necesariamente, para estar a cubierto de los Lícidos, de los Bostríquidos y de las termitas, se puede concebir de diferentes formas :

- El producto protector se puede incorporar a la cola, en el curso de la fabricación de los tableros, y después difundirse en las chapas del contrachapado.
- El producto protector se puede aplicar a las hojas desenrolladas (antes de la fabricación del tablero), especialmente por pulverización a la salida del torno. Esta forma de tratamiento, ya explicada en un capítulo anterior, consiste, en la práctica actual, en pulverizar la chapa según se va produciendo mediante un producto a base de boro en solución acuosa. Este método ha dado prueba de su eficacia en la lucha contra los *Lyctus*. Por el contrario, sería una equivocación pensar que aporta una protección de calidad contra los otros agentes biológicos y hay que resaltar, en particular, que es absolutamente ineficaz contra los mohos que se desarrollan con frecuencia en las chapas frescas.

**Observación :** Hemos considerado en este apartado que, los empleos en interiores, de los tableros, implican obligatoriamente la ausencia de todo riesgo de rehumidificación. Pero esto no es totalmente exacto en la medida en que los tableros se utilizan con frecuencia en cocinas, cuartos de baño, etc. donde pueden sufrir frecuentes rehumidificaciones, bien por condensación, bien por fugas accidentales. Se trata entonces de prever unas medidas de protección preventiva contra los hongos, como las que se describirán en los apartados siguientes.

### 8.2. UTILIZACIONES PARA LAS CUALES EL CONTRACHAPADO ESTA SOMETIDO A REHUMIDIFICACIONES ACCIDENTALES Y DE CORTA DURACION

Estos empleos corresponden, en particular, a algunos tableros utilizados en elementos de carpintería exterior. Las rehumidificaciones en las construcciones realizadas de acuerdo con las normas de la buena construcción, son generalmente accidentales (goteras, lluvias muy violentas...). A la humidificación de la chapa exterior, sigue un secado relativamente rápido y conviene, para estas utilizaciones en que los riesgos de ataque por hongos son más bien débiles, pero no nulos :

- definir especies de durabilidad natural igual o superior a la del Okoumé (que se puede considerar como durabilidad patrón para este tipo de utilización),
- tratar los tableros que presenten una durabilidad natural insuficiente.

En lo que respecta a los tratamientos protectores, recordaremos brevemente que pueden efectuarse :

- bien por incorporación del protector a la cola (los principios activos difunden tras el encolado, desde la cola hacia la madera),
- bien por el tratamiento de las chapas antes del encolado, durante o después del desenrollo, mediante productos a base de sales minerales en solución acuosa o, después del secado, mediante productos orgánicos apropiados.

Cualquiera que sea el tipo de producto utilizado, habrá que tener cuidado de que el tratamiento no perjudique al encolado posterior.



**TABLA VII**  
**Especies de desarrollo que necesitan un tratamiento protector**

Denominación ATIBT	Procedencia	Nombre científico
Abura . . . . .	Af	<i>Mitragyna</i> spp.
Ako . . . . .	Af	<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch.
Akossika . . . . .	Af	<i>Scottellia</i> spp.
Andoung . . . . .	Af	<i>Monopetalanthus</i> spp.
Benuang. . . . .	As	<i>Octomeles sumatrana</i> Miq.
Duabanga. . . . .	As	<i>Duabanga moluccana</i> Bl.
Ekoune . . . . .	Af	<i>Coelocaryon preussii</i> Warb.
Emien . . . . .	Af	<i>Alstonia boonei</i> De Wild
Essessang . . . . .	Af	<i>Ricinodendron heudelotii</i> Pierre
Fuma . . . . .	Af	<i>Ceiba pentandra</i> Gaertn.
Geronggang . . . . .	As	<i>Cratoxylon arborescens</i> Blume
Ilomba. . . . .	Af	<i>Pycnanthus angolensis</i> Warb.
Jelutong. . . . .	As	<i>Dyera costulata</i> Hook. f.
Kondroti . . . . .	Af	<i>Rhodognaphalon brevisuspe</i> Roberty
Koto . . . . .	Af	<i>Pterygota</i> spp.
Limba . . . . .	Af	<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels
Machang . . . . .	As	<i>Mangifera</i> spp.
Marupa . . . . .	Am	<i>Simaruba</i> spp.
Medang . . . . .	As	<i>Dehaasia</i> spp.
Meranti White. . . . .	As	<i>Shorea</i> spp. section <i>Anthoshorea</i>
Obeche . . . . .	Af	<i>Triplochiton scleroxylon</i>
Ohia . . . . .	Af	<i>Celtis</i> spp.
Onzabili. . . . .	Af	<i>Antrocaryon klaineum</i> Pierre
Pulai . . . . .	As	<i>Alstonia</i> spp.
Ramin . . . . .	As	<i>Gonystylus</i> spp.
Sepetir. . . . .	As	<i>Sindora</i> spp.
Seraya White. . . . .	As	<i>Parashorea</i> spp.
Sesendok . . . . .	As	<i>Endospermum</i> spp.
Virola . . . . .	Am	<i>Virola</i> spp.

### 8.3. UTILIZACIONES PARA LAS CUALES EL TABLERO ESTA SOMETIDO A ALGUNAS REHUMIDIFICACIONES PERIODICAS E INEVITABLES

En el apartado anterior, hemos evocado el caso en que los tableros contrachapados corrían el riesgo de rehumedecerse de una manera accidental. Consideremos ahora una categoría de empleo en la que se sabe con certeza que los tableros sufrirán rehumidificaciones periódicas inevitables. Es el caso de los contrachapados utilizados en la construcción de invernaderos, suelos de camiones, naves, silos y otras construcciones agrícolas. Es entonces necesario utilizar tableros de especies que posean una durabilidad natural superior a la del Okoumé (y equivalente, por ejemplo, a la del Makoré-Douka), o tableros tratados.

El tratamiento podrá aplicarse, bien por los procedimientos descritos en el apartado anterior, bien por impregnación en autoclave de los tableros terminados, con productos orgánicos o sales en solución acuosa.

**Observación :** En esta categoría de empleo, deberían figurar, en principio, los tableros utilizados en encofrados, puesto que estos están en contacto directo con el hormigón saturado de agua, hasta que fragua. Pero no hay que olvidar que este periodo es relativamente corto y no permite la instalación y desarrollo de los hongos y que, sobre todo, el desgaste mecánico, después de varias utilizaciones, produce mayor deterioro que el causado por los agentes bióticos. Estas consideraciones permiten afirmar que, este tipo de empleo está aparte y no plantea prácticamente ningún problema de conservación respecto de los riesgos biológicos.



#### 8.4. CONCLUSION

El problema de la conservación de los tableros contrachapados incumbe sobre todo a los fabricantes ; es por tanto a ellos, en primer lugar, a quienes va dirigido este capítulo. Nos parece útil, sin embargo, que todo industrial de la construcción, todo artesano y, por que no, todo utilizador ocasional, lo lea con el fin de que comprenda que no existe « un contrachapado », sino « contrachapados » que, en función de las especies utilizadas, de la posible protección química recibida, de los tipos de cola empleados, de la técnica de fabricación, y del empleo previsto, tendrán comportamientos a veces muy diferentes. Este conocimiento debería conducir a una mejor utilización de este material.

#### 8.5. RESUMEN

Los riesgos de degradación biológica a que pueden estar sometidos los tableros, dependen de las condiciones de utilización y de los tipos de exposición. Conviene distinguir :

- utilizaciones en las que el tablero está a cubierto de todo riesgo de rehumidificación,
- aquellas para las que el contrachapado puede estar sometido a rehumidificaciones accidentales de corta duración,
- aquellas para las que el tablero está sometido a algunas rehumidificaciones periódicas e inevitables.

Para la primera categoría, el único riesgo que corren procede de los Lícidos, de los Bostríquidos y , a veces, de las termitas. Es conveniente, entonces, elegir : bien tableros naturalmente resistentes, bien tableros a los que se haya aplicado un tratamiento insecticida, por incorporación de un producto protector a la cola durante el proceso de fabricación, o por pulverización de las chapas a la salida del torno, con un producto hidrosoluble.

En la segunda categoría de empleo, en la que los riesgos de ataque por hongos, sin ser grandes, no son nulos, hay que utilizar : bien tableros de especies con durabilidad natural suficiente (igual o superior a la del Okoumé), bien tableros tratados por incorporación de un producto fungicida e insecticida a la cola durante el proceso de fabricación, o por tratamiento de las chapas antes del encolado (efectuado durante o al finalizar el desenrollado con sales minerales en solución acuosa o, después del secado, mediante productos orgánicos adecuados).

Para la tercera categoría de empleo, donde el riesgo de ataques por hongos es más serio, es necesario utilizar tableros que posean una resistencia natural superior a la del Okoumé (equivalente a la del Makoré-Douka) o contrachapados que hayan recibido una protección química eficaz (incorporación de un producto protector a la cola, impregnación en autoclave).

En cualquier caso, el fabricante de tableros contrachapados deberá tener cuidado de que el tratamiento de las chapas no perjudique el encolado posterior.

### 9. PROTECCION DE LAS MADERAS EN MEDIO MARINO

Hemos descrito en las páginas 38 y 39 los peligros que corre la madera cuando está sumergida en agua salada o salobre y que son los ataques de los fólades, de pequeños crustáceos y, sobre todo, de los teredos. Los riesgos de destrucción de la madera en medio marino tropical son muy importantes, pues las condiciones de instalación y desarrollo de los organismos xilófagos marinos son, debido al clima, óptimos de forma casi constante.

A pesar de que las diferentes especies presentan una resistencia natural variable respecto a estos organismos, hay que considerar que las condiciones locales de exposición juegan un papel muy importante y que, las maderas son generalmente atacadas y destruidas más rápidamente (en la misma zona climática) en las aguas salobres que en alta mar. Por este motivo, es bastante difícil establecer una clasificación muy estricta en cuanto a la durabilidad natural respecto de los teredos y otros xilófagos.

Por regla general, muy pocas especies resisten bien a los xilófagos marinos y las raras especies que presentan una durabilidad natural excelente padecen, con frecuencia, graves problemas de elaboración debido a sus elevados contenidos en sílice. Por este motivo, en la práctica, no se puede considerar la puesta en servicio de una madera en agua salada o salobre sin haberle aplicado previamente una protección química apropiada. A este respecto, es conveniente distinguir :



- las obras fijas (defensas de puertos, estacadas, pilotes...) que una vez colocadas, permanecen inmóviles y es imposible aplicarles tratamientos de recuerdo,
- los cascos de los barcos a los que, durante las operaciones de carena, se puede practicar un examen minucioso y, si es necesario, aplicar un tratamiento especial.

### 9.1. PROTECCION DE LAS CONSTRUCCIONES FIJAS

El constructor debe, en primer lugar, elegir las maderas que tengan propiedades físicas y mecánicas adecuadas. Debe, a continuación, considerar el problema de la utilización racional y económica de la madera, por tanto, abordar el problema de la buena conservación, en el tiempo, de la construcción. Hemos visto que, la puesta en servicio de la madera en medio marino, no puede contemplarse de forma razonable, sin una excelente protección química.

En la actualidad, existen muy pocos productos fabricados especialmente para la protección de la madera en agua salada o salobre y, frecuentemente, es necesario acudir a las formulaciones puestas a punto para la protección de la madera contra los xilófagos terrestres (hongos e insectos). Hay que señalar a este respecto, que los productos orgánicos clásicos no tienen casi ningún efecto contra los teredos y otros destructores marinos. Únicamente algunas sales del tipo cobre-cromo-arsénico se han mostrado eficaces a dosis muy elevadas.

Actualmente por tanto, el único método de protección aceptable consiste en impregnar hasta rechazo (en autoclave) los elementos ya elaborados, con los productos salinos anteriormente citados (concentración mínima de la solución de tratamiento : 5% en agua) y, tras el secado de la madera y fijación de los constituyentes del producto, efectuar una segunda impregnación a presión de la madera con una creosota pesada. Este último tratamiento tiene por finalidad reforzar la protección artificial aportada, retrasando al máximo el deslavado de los productos salinos subyacentes, cuyo comportamiento en numerosas especies tropicales, hay que reconocer que se conoce mal. En cualquier caso, esta técnica sólo es válida si :

- en el caso de madera escuadrada, ésta es fácilmente impregnable,
- en el caso de rollizos, éstos presentan una amplia corona de albura que, una vez impregnada, podrá proteger de forma eficaz las partes internas no alcanzadas por el tratamiento.

Hay que señalar por último que, para aumentar la seguridad de empleo de la madera en obras portuarias, es aconsejable elegir especies que posean, además de propiedades físicas y mecánicas satisfactorias y una buena impregnabilidad, una considerable resistencia natural a los xilófagos marinos. En este sentido, sólo se pueden aconsejar especies como el Padouk (*Pterocarpus soyauxii*) o el Bilinga (*Nauclea diderrichii*). Una buena durabilidad natural, completada por una protección química seria, como la que se ha descrito anteriormente, no pueden ser más que beneficiosas para una utilización rentable del material madera en medio marino.

### 9.2. PROTECCION DE CASCOS DE BARCOS

El porcentaje, en volumen, de la madera utilizada para la fabricación de barcos, hay que reconocer que es pequeño pero, a pesar de ello, nos ha parecido interesante abordar el problema de la utilización racional y económica de la madera en la construcción naval. Se asiste con demasiada frecuencia a deterioraciones muy graves de los cascos, cuadernas, etc., degradaciones debidas principalmente, por un lado a los xilófagos marinos y, por otro a los hongos.

La protección de los cascos contra los organismos perforadores debe considerarse en dos momentos: el correspondiente a la construcción del barco y en las carenas. En el momento de la construcción, sería deseable que se utilizaran maderas tratadas a presión con ciertas sales del tipo cobre-cromo-arsénico y con dosis bastante elevadas. Esto no es siempre posible y, entonces es conveniente utilizar maderas que posean una resistencia natural bastante elevada respecto de las perforadores marinos, y una impregnabilidad suficiente, de forma que se pueda, mediante la utilización de productos adecuados, conferir a la madera una protección artificial suplementaria. En realidad, que nosotros tengamos conocimiento, en el momento actual existen muy pocos productos eficaces contra los xilófagos marinos. El método de aplicación de estas formulaciones consiste, casi siempre, en un pincelado abundante y repetido. Este tratamiento, que es únicamente superficial, se completa, generalmente, mediante la aplicación de una pintura llamada « antifouling », destinada a impedir la fijación de los organismos marinos responsables de las costras que se forman en los cascos. Además de la propiedad que tienen esas pinturas de retardar la fijación de ciertos organismos marinos (algas, gusanos, etc.) sobre los cascos de los barcos, poseen igualmente una cierta eficacia biocida o repulsiva respecto de los teredos.



Durante las carenas, después de raspar los cascos, es siempre aconsejable efectuar un tratamiento de recuerdo con un producto apropiado y renovar la pintura « antifouling ».

En lo referente a los ataques de la madera por hongos, se comprueba que se producen muy a menudo :

- en las partes bajas de los barcos, donde las condiciones de humedad y de temperatura, agravadas por la falta de ventilación, son favorables para la instalación y desarrollo de los hongos,
- en las zonas rehumidificadas con frecuencia.

Con el fin de prevenir este tipo de degradación, es conveniente utilizar maderas de buena durabilidad natural y tomar las medidas necesarias para asegurar la mejor ventilación posible de todas las partes del barco.

### 9.3. RESUMEN

Los riesgos de destrucción de la madera por los xilófagos marinos en zonas tropicales son muy importantes y, en la práctica, no se puede pensar de manera responsable en poner en servicio este material en contacto con agua salada o salobre, sin aplicarle un tratamiento de protección. La única protección válida de las construcciones fijas (defensas de los puertos, estacadas, pilotes, etc.), sólo puede efectuarse por impregnación de la madera hasta rechazo, mediante un tratamiento a presión. Esta operación sólo tendrá sentido en la medida en que :

- las especies utilizadas sean bien impregnables (con el fin de que los productos empleados penetren profundamente en la madera),
- el producto empleado sea eficaz (en este sentido, la operación que proporcionará mejores resultados será una impregnación doble, la primera con sales del tipo cobre-cromo-arsénico, la segunda con una creosota pesada).

Por último, es conveniente elegir especies que posean, además de las propiedades físico-mecánicas suficientes y de una buena impregnabilidad, una resistencia natural considerable respecto de los perforadores marinos.

En lo referente a la protección de los cascos de los barcos, existen muy pocos productos eficaces contra los teredos, los fólades y otros destructores. Es conveniente, por tanto, para asegurar a un barco una duración en servicio suficiente :

- bien construir el casco con madera tratada a presión con productos del tipo cobre-cromo-arsénico,
- bien tratar los cascos (después de su construcción) mediante uno de los escasos productos eficaces contra los perforadores marinos y completar este tratamiento con la aplicación de una pintura « antifouling ».



## CONCLUSION

Hemos llegado al final de este manual y esperamos que haya conseguido su finalidad, que consistía en familiarizar al lector con los problemas de la protección de maderas. Sólo hemos hablado, en definitiva, de los problemas que el ingeniero, el técnico o el artesano pueden encontrar en la puesta en obra de este material y, en particular, de su durabilidad natural, a veces baja respecto de ciertos organismos xilófagos.

Hemos visto, igualmente, que estas dificultades no constituyen un obstáculo insuperable para su empleo en numerosos campos y que, el hecho de saber plantear y estudiar un problema determinado, es fundamental para resolverlo correctamente.

Habría sido bueno, quizás, poner más énfasis en la defensa de las numerosas cualidades de la madera, aunque éste no sea el objeto de este manual, y abordar los problemas de la protección en un contexto más global. Pero esto habría aumentado considerablemente la longitud de este trabajo, ya de por sí voluminoso. Era, en efecto, difícil hacerlo más corto, dados los numerosos aspectos de la conservación de las maderas y las múltiples aplicaciones de este material.

No tenemos la pretensión de haber tratado el tema de forma exhaustiva (concretamente, no hemos considerado el problema de la protección superficial de la madera, que ha sido tratado por R. Fougerousse en un artículo : « Aspectos biológicos de la protección de la superficie de la madera » — Bois et Forêts des Tropiques, n° 160, Marzo-Abril 1975, p. 47-56). Pero pensamos que el lector está ahora en condiciones de estudiar y resolver correctamente cualquier problema de conservación a partir de las nociones que se le han proporcionado en este manual.

Concluimos deseando que la lectura de este libro contribuya al desarrollo de la utilización de la madera en los países tropicales y que ésta encuentre por fin, el lugar que se merece.



## BIBLIOGRAFÍA

- ALLIOT, H., 1965 - *Protection à apporter aux bois en grumes sous les climats tropicaux*. - C.R. Travaux Congr. Prot. Cult. Trop. Marseille.
- ALLIOT, H., 1975 - *Produits chimiques utilisés pour la protection des billes en climat tropical. Conditions d'application pour obtenir des résultats satisfaisants*. - I.U.F.R.O., Division V, S5.03, Groupe Protection des Bois, Réunion d'Abidjan, 17-23 Février. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France, pp. 63-67.
- BAVENDAMM, W., 1963 - *Protection des bois en grumes altérables au cours de leur transport des tropiques vers l'Europe*. - Bois et Forêts des Tropiques n° 91 - pp. 29-37.
- BEDEL, J., RAKOTOVAO, G., et THIEL, J., 1975 - *Expériences de préservation de perches et piquets à usage rural en République Malgache*. I.U.F.R.O., Division V, S5.03, Groupe Protection des Bois, Réunion d'Abidjan, 17-23 Février. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France, pp. 133-146.
- BEDEL, J., et THIEL, J., 1973 - *Traitement de piquets de Pinus patula par trempage à froid*. Centre Technique Forestier Tropical, Tananarive (Madagascar), n° 40.
- BEDEL, J., et THIEL, J., 1974 - *Traitement par trempage long et diffusion appliqué sur Pinus patula*. Centre National des Recherches Forestières et Piscicoles, Madagascar, n° 351.
- BOLZA, E., KEATING, W.G., 1972 - *African Timbers : the properties, uses and characteristics of 700 species*. CSIRO, Melbourne.
- COUDREAU, J., 1956 - *Installations pour l'imprégnation sous pression du bois en Afrique tropicale*. Bois et Forêts des Tropiques n° 50 - pp. 21-34.
- COUDREAU, J., 1959 - *Un procédé par aspersion pour la préservation des contreplaqués contre les piqûres blanches*. Bois et Forêts des Tropiques n° 64 - pp. 41-47.
- C.S.I.R.O. (Australie), 1960 - *New preservative for dip diffusion treatment of green building timber*. For. Prod. Newsletter n° 264.
- DALE, F.A., 1969 - *Sap displacement simplified*. For. Prod. Newsletter n° 360 (CSIRO-Australie).
- DALE, F.A., and BOWERS, E.A., 1958 - *Water-borne preservatives for fence posts. Part. II. The sap replacement method*. For. Prod. Newsletter n° 243 (CSIRO-Australie).
- DEON, G., 1973 - *Étude chimique de la résistance au délavage de sept produits de préservation du bois hydrosolubles*. Material und Organismen - 8 Bd., Heft 4 - pp. 295-318.
- DEON, G., 1975 - *L'expérimentation des produits fongicides et insecticides pour la préservation, en climat tropical, des billes de coupe fraîche*. I.U.F.R.O., Division V, S5.03, Groupe Protection des Bois, Réunion d'Abidjan, 17-23 Février. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France, pp. 49-61.
- DEON, G., 1975 - *Recherches sur l'imprégnabilité des bois feuillus tropicaux*. I.U.F.R.O., Division V, S5.03, Groupe Protection des Bois, Réunion d'Abidjan, 17-23 Février. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France, pp. 191-203.
- DEON, G. 1980 - *A propos de la durabilité naturelle de l'Angélique (Dicorynia guianensis Amsh.)*. Centre Technique Forestier Tropical - Note technique n° 13.



- DEON, G., 1981 - *Étude des variabilités radiale et longitudinale de la densité et de la durabilité naturelle dans un fût de Dabéma (Piptadeniastrum africanum Brenan)*. Centre Technique Forestier Tropical - Cahier scientifique n° 6.
- DEON, G., 1983 - *Les composés flavoniques du Dabéma et leur rôle dans la résistance de ce bois à la pourriture*. Centre Technique Forestier Tropical - Supplément au Cahier scientifique n° 6.
- DEON, G., CHADENSON, M., et HAUTEVILLE, M., 1980 - *Influence des extraits naturels du bois sur sa résistance à la pourriture*. Bois et Forêts des Tropiques n° 191, pp. 75-90
- DEON, G., et THIEL, J., 1973 - *Nouveaux essais d'imprégnation de poteaux d'Eucalyptus robusta par déplacement de sève*. Centre Technique Forestier Tropical - Note technique n° 12.
- DIVISION DE PRÉSERVATION DU CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL, 1962 - *Possibilités d'emploi des bois de l'Ouest africain comme supports de lignes*. Bois et Forêts des Tropiques, n° 81, pp. 49-53
- DIVISION DE PRÉSERVATION DU CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL, 1970 - *Note sur l'injection des bois en autoclave*.
- DURAND, P.Y., 1978 - *La protection temporaire des grumes et des sciages frais : principes généraux et résultats d'essais*, Centre Technique Forestier Tropical, Abidjan, Côte d'Ivoire.
- DURAND, P.Y., 1980 - *Méthode d'évaluation de l'efficacité des produits de protection des billes de coupe fraîche*. Bois et Forêts des Tropiques, n° 191, pp. 59-74.
- DURAND, P.Y., - 1981 - *Essais de champ IRG/WP (International Research Group on Wood Preservation) : évolution de l'indice de conservation après 44 mois d'exposition*. Centre Technique Forestier Tropical, Abidjan, Côte d'Ivoire.
- DURAND, P.Y., 1985 - *Protection temporaire : protocole d'essais concernant :*  
 — *La rémanence des produits insecticides.*  
 — *La protection temporaire des grumes.*  
 — *La protection temporaire des sciages frais.*  
 Centre Technique Forestier Tropical, Abidjan, Côte- d'Ivoire.
- FINDLAY, W.P.K., 1985 - *Preservation of timber in the tropics* - Martinus Nijhoff/Dr. W. JUNK Publishers.
- FOUGEROUSSE, M., 1957 - *Les piqûres des grumes de coupe fraîche en Afrique tropicale*. Bois et Forêts des Tropiques n° 55, pp. 39-52.
- FOUGEROUSSE, M., 1958 - *Les altérations fongiques des bois frais en Afrique tropicale et plus particulièrement de l'Ilomba et du Limba*. Bois et Forêts des Tropiques n° 60, pp. 41-56.
- FOUGEROUSSE, M., 1960 - *Durabilité naturelle du bois*. Bois et Forêts des Tropiques n° 73, pp. 43-56.
- FOUGEROUSSE, M., 1960 - *Les différents types de piqûres d'insectes pouvant se rencontrer dans les bois tropicaux importés*. Centre Technique Forestier Tropical - Note technique n° 4.
- FOUGEROUSSE, M., 1961 - *Réflexions sur quelques problèmes de préservation du bois*. Bois et Forêts des Tropiques n° 75 - pp. 46-63.
- FOUGEROUSSE, M., 1964 - *Traverses en bois pour le chemin de fer transcamerounais. Problèmes de préservation des bois au contact du sol dans les pays tropicaux*. Bois et Forêts des Tropiques n° 95, pp. 35-48 et n° 97, pp. 23-34.
- FOUGEROUSSE, M., 1965 - *Champignons lignicoles des bois fraîchement abattus en Afrique tropicale*. Holz und Organismen, Heft 1 - pp. 343-349.
- FOUGEROUSSE, M., 1965 - *Le rôle et l'importance de la préservation des billes tropicales destinées au déroulage. Principes généraux et règles de traitement*. Bois et Forêts des Tropiques n° 99, pp. 41-51.



- FOUGEROUSSE, M., 1966 - *La préservation des bois de construction dans les pays de l'Ouest africain. Principes généraux et règles pratiques*. Bois et Forêts des Tropiques n° 109, pp. 25-41.
- FOUGEROUSSE, M., 1967 - *Préservation des menuiseries intérieures contre les Lyctus. Traitement par trempage rapide et diffusion*. Bois et Forêts des Tropiques n° 112, pp. 57-69.
- FOUGEROUSSE, M., 1969 - *Quelques aspects de la préservation des bois sous les climats tropicaux. Leur importance économique*. Bois et Forêts des Tropiques n° 128, pp. 63-77.
- FOUGEROUSSE, M., 1970 - *Durabilité des panneaux contreplaqués en bois feuillus tropicaux*. Bois et Forêts des Tropiques n° 134, pp. 63-69.
- FOUGEROUSSE, M., 1975 - *Aspects biologiques de la protection de la surface du bois*. Bois et Forêts des Tropiques n° 160, pp. 47-56.
- FOUGEROUSSE, M., GUENEAU, P., DEON, G., et THIEL, J., 1971 - *Essais d'imprégnation par déplacement de sève de poteaux d'Eucalyptus robusta et Pinus patula à Madagascar*. Material und Organismen - 6 Bd. - Heft 2 - pp. 101-139.
- FOUGEROUSSE, M., LANTHONY, P., et LUCAS, S., 1962 - *Imprégnation profonde de certaines essences de l'Ouest africain par trempage rapide et diffusion*. Bois et Forêts des Tropiques n° 84, pp. 45-64.
- FOUGEROUSSE, M., et LUCAS, S., 1975 - *New experiments on the behaviour of wood preservatives against marine organisms in various test sites*. Material und Organismen - Beiheft 3 - International Symposium Berlin-Dahlem.
- GERSONDE, M., 1968 - *Schutzbehandlung von Fichtenholzmasten durch das Saftverdrängungsverfahren* Holz-Zbl. 94 - Nr. 39 - pp. 599-601.
- GUENEAU, P., 1972 - *Traitements rustiques pour perches et bois ronds*. Terre Malgache, Université de Madagascar, n° 11, pp. 135-154.
- HARRIS, W.V., 1971 - *Termites. Their recognition and control*. Tropical agriculture series - Longman Group Limited. London.
- LEPITRE, C., et MARIAUX, A., 1965 - *Les fentes de grumes de l'Okoumé. Influence des essences et des produits antigerces*. Bois et Forêts des Tropiques n° 104, pp. 31-51.
- LEPITRE, C., MARIAUX, A., et LANLY, J. P., 1966 - *Les fentes des grumes de l'Okoumé. Le stockage des grumes en Europe*. Bois et Forêts des Tropiques n° 106, pp. 17-25.
- MASON, C. G. W., 1975 - *An apparatus and technique for perfusion treatment of tropical woods*. I.U.F.R.O., Division V, S5.03, Groupe Protection des Bois, Réunion d'Abidjan, 17-23 Février. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France, pp. 173-177.
- MORGAN, J. W. W., 1975 - *Preservation of timber : General considerations*. Timber Grower n° 55, pp. 17-26.
- RANCUREL, R., 1966 - *Essais comparés de la résistance de divers bois tropicaux à l'attaque des tarets sur la côte ouest africaine*. Bois et Forêts des Tropiques n° 106, pp. 27-39.
- SCHMITZ, G., 1956 - *Les termites et les moyens de les détruire*. Bulletin Agricole du Congo Belge. Vol. XLVII, n° 6, pp. 1551-1596.
- THIEL, J., 1973 - *Essai de protection de bois ronds par déplacement de sève dans le moyen ouest de Madagascar*. Centre Technique Forestier Tropical, Tananarive (Madagascar) n° 42.
- THIEL, J., 1973 - *Traitements rustiques de bois ronds en sève par trempage à froid dans des sels complexes*. 1er rapport. Centre Technique Forestier Tropical, Tananarive (Madagascar).



- THIEL, J., 1974 - *Traitements rustiques de bois ronds en sève par trempage à froid dans des sels complexes*. 2<sup>e</sup> rapport. Centre Technique Forestier Tropical, Tananarive (Madagascar).
- THIEL, J., 1974 - *Traitement Boucherie appliqué alternativement aux deux extrémités sur poteaux d'Eucalyptus robusta*. Centre National des Recherches Forestières et Piscicoles, Madagascar, n° 332.
- THIEL, J., 1974 - *Procédé Boucherie. Amélioration du tampon de raccordement*. Centre National des Recherches Forestières et Piscicoles, Madagascar, n° 333.
- THIEL, J., 1975 - *Traitement en autoclave rustique. Essais préliminaires*. Centre National des Recherches Forestières et Piscicoles, Madagascar, n° 381.
- WILKINSON, J.G., 1979 - *Industrial Timber Preservation*. Rentokil Library - London.



# INDICE DE LAS MADERAS CITADAS

Abura	47, 81, 105	Doum	52
Acajou d'Afrique	47, 81	Doussié	48, 80
Acajou du Sénégal	52	Duabanga	45, 48, 81
Afina	91	Ébène verte	Ver Ipé
Afo	Ver Ovoga	Ebiara	48, 81
Afrormosia	47, 80	Ekaba	48, 81
Aiélé	47, 76	Ekon	Ver Bomanga
Ako	45, 47, 81, 105	Ekoune	45, 48, 68, 81, 105
Akossika	47, 81, 105	Emien	45, 48, 81, 105
Albizia	52	Esessang	24, 48, 81, 105
Alep	88	Eucalyptus	52, 53, 91, 93, 94, 97, 99
Alerce	47	Eveuss	88
Almon	47, 81	Eyong	48, 81
Amarante	45, 47	Eyoun	48
Andiroba	47, 81	Faro	48
Andoung	47, 81, 105	Filao	53
Angélique	Ver Basralocus	Fraké	Ver Limba
Aningré	47	Framiré	48, 81
Araucaria	52	Fromager	Ver Fuma
Assaméla	Ver Afrormosia	Fuma	12, 23, 38, 45, 48, 81, 105
Avodiré	47, 81	Gao	Ver Cad
Azobé	12, 47, 80, 88	Geronggang	45, 48, 81, 105
Ayous	Ver Obeche	Giam	88
Bagasse	47, 80	Gmelina	53
Bahia	Ver Abura	Gommier	48, 81
Balanzan	Ver Cad	Gonakié	53
Balata rouge	Ver Maçaranduba	Gonfolo	48, 81, 88
Balau	47, 80	Goupi	48, 80, 88
Balau Red	47	Greenheart	48, 80
Balsa	47	Grevillea	53
Basralocus	47, 80	Grignon franc	Ver Louro Vermelho
Benuang	45, 47, 81, 105	Hévée	53
Bété	Ver Mansonia	Iatandza	48, 80
Bilinga	47, 80, 88, 107	Igaganga	48, 81
Billian	47, 80, 88	Ilomba	12, 14, 23, 27, 38, 45, 48, 68, 81, 105
Bintangor	47, 81	Inga	48
Boco	88	Ipé	48, 80
Bomanga	47, 81	Iroko	48
Bossé	47, 80	Izombé	48, 80
Bouleau d'Afrique	52	Jaboty	49, 80
Bubinga	47, 80	Jelutong	45, 49, 81, 105
Cad	52	Jequitiba	49, 81
Cassia	52	Kanda	49, 80
Cedrela	52	Kapur	45, 49, 80
Cedro	47, 81	Kasai	49, 81
Chengal	47, 80, 88	Kempas	49, 81, 88
Cocotier	52	Keruing	49, 81, 88
Cœur Dehors	Ver Sucupira	Kévazingo	88
Coigue	47, 81	Kondroti	45, 49, 81, 105
Congotali	48, 80, 88	Kosipo	49, 81
Cordia	52	Kotibé	49, 80
Coula	88	Koto	23, 27, 45, 49, 81, 105
Couratari	48, 81	Kouali	Ver Quaruba
Courbaril	48, 80	Landa	49, 80
Cypres	52	Lati	49, 81
Dabéma	48, 81	Lauan Red	49, 81
Dattier	52	Lauan White	45, 49, 81
Dibétou	48, 81		
Difou	48		
Douka	Ver Makoré		



Lauan Yellow	49, 81	Ovèngkol	50, 80, 88
Limba	12, 36, 38, 45, 49, 81, 105	Ovoga	50, 81
Limbali	49, 80	Ozigo	51, 81
Longhi	49, 81	Ozouga	88
Lotofa	49, 81		
Louro Vermelho	49, 80, 88	Padauk	51, 80, 88
		Padouk	51, 80, 88; 107
Maçaranduba	49, 80, 88	Parcouri	51, 80
Machang	45, 49, 81, 105	Peroba de Campos	51, 80
Mahogany	49, 81	Pinus	53, 90, 98, 99
Makoré	49, 80, 105	Prosopis	53
Manbarklak	49, 80, 88	Pulai	45, 51, 81, 105
Manil	49, 81	Punah	45, 51, 81
Mansonia	49, 80	Pyinkado	51, 80
Marupa	45, 50, 81, 105		
Mayapis	50, 80	Quaruba	51, 81
Medang	50, 81, 105	Quebracho colorado	88
Mengkulang	50, 81		
Meranti Bakau	50	Ramin	15, 23, 27, 45, 51, 81, 105
Meranti Dark Red	50, 81	Rengas	51, 81
Meranti Light Red	50, 81	Resak	51, 81
Meranti Red	50, 81	Rônier	51, 53
Meranti White	50, 81		
Meranti Yellow	50	Safukala	81
Merawan	50	Saint-Martin-rouge	51
Merbau	50, 80, 88	Samba	Ver Obeche
Mersawa	50, 80	Sapelli	9, 45, 51, 81
Miama	88	Sépétir	51, 81, 105
Moabi	50, 80, 88	Seraya White	51, 81, 105
Mokulungu	50, 80	Sesendok	45, 51, 81, 105
Movingui	50, 80, 88	Simarouba	Ver Marupa
Muninga	50, 80	Sipo	45, 51, 81
		Sougué	51, 81
Naga	50, 81	Sucupira	51
Neem	53		
Ngaba	88	Tali	51, 80, 88
Niangon	45, 50, 81	Tchitola	51, 81
Niové	50, 80	Teak	51, 80, 90
Nkaga	88	Tepa	51
Nyatoh	50, 81	Thitka	51, 81
		Tiama	45, 81
Obeche	11, 12, 23, 27, 45, 50, 68, 81, 105	Tola	51, 81
Oboto	50, 80		
Oguomo	88	Virola	15, 23, 45, 51, 81, 105
Ohia	45, 50, 81, 105		
Okan	50, 80, 88	Wacapou	51, 80
Okoumé	50, 81, 103, 104, 106	Walaba	45, 51, 80, 88
Olon	50, 81	Wapa	Ver Walaba
Onzabili	12, 45, 50, 81, 105	Wengé	51
		Yayamadou	Ver Virola